

Aus dem Institut für Veterinär-Anatomie,
-Histologie und -Embryologie am Fachbereich 8
der Freien Universität Berlin
(Arbeitsgruppe Prof. Dr. F. Preuß)

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN AM PERIODONTALRAUM
VON HUND UND SCHAF MIT NEUER METHODIK

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Albrecht Göstemeyer
aus Rinteln

1977
—

Aus dem Institut für Veterinär-Anatomie,
-Histologie und -Embryologie am Fachbereich 8
der Freien Universität Berlin
(Arbeitsgruppe Prof. Dr. F. Preuß)

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN AM PERIODONTALRAUM
VON HUND UND SCHAF MIT NEUER METHODIK

Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Zahnarzt Albrecht Göstemeyer
aus Rinteln

Referent: Prof. Dr. F. Preuß

Korreferent: Prof. Dr. Dr. D. Herrmann

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-,
Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am 5.5.1977



INHALTSVERZEICHNIS

I.	Einleitung.....	1
II.	Material und Methodik.....	2
III.	Literaturauswahl.....	7
	A. Mensch.....	7
	B. Hund.....	12
	C. Schaf.....	13
IV.	Eigene Untersuchungen.....	15
	A. Pathologische Befunde am Untersuchungs- material.....	15
	B. Beschreibung der Periodontalraummodelle und Ergebnisse ihrer Vermessung nach Weite und Volumen.....	17
	1. Beschreibung der Modelle.....	17
	2. Meßergebnisse für die Periodontal- raumweite.....	21
	3. Meßergebnisse für das Periodontal- raumvolumen.....	24
	C. Nebenbefunde über das Auftreten von Zementappositionen beim Schaf.....	27
V.	Diskussion.....	28
VI.	Zusammenfassung.....	35
VII.	Abbildungen.....	37
VIII.	Literaturverzeichnis.....	43
IX.	Anhang: Meßwerttabellen.....	48

I. EINLEITUNG

Als "Periodontalraum" (GOTTLIEB, 1920; KELLNER, 1928; KLEIN, 1928; JOZAT, 1933; SCHWENZER, 1935), "Periodontalspalt" (COOLIDGE, 1937; SCHNYDER, 1955; FRÖHLICH, 1958; SCHUMACHER, 1962) oder "Parodontalraum" (ORBAN, 1965) wird jener Raum zwischen Zahnwurzel und Alveole bezeichnet, der vom Periodontium (auch Desmodont genannt) vollständig ausgefüllt ist. Hinsichtlich des Volumens und der Gestalt besitzen also Periodontalraum und Periodontium die gleichen Ausmaße. Aus diesem Grunde ist es möglich, Meßwerte über den Periodontalraum auf zwei Wegen zu erhalten: Entweder durch in-situ-Messungen oder durch Herstellen eines künstlichen Ausgusses des Periodontalraumes.

Die bisherigen Untersuchungen wendeten die in-situ-Messungen an. Hierzu wurden histologische Schnittpräparate vom Periodontalraum in verschiedenen Schnittebenen hergestellt, die Weite des Periodontalraumes über fest definierte Punkte gemessen und aus den Meßergebnissen die Gestalt des Periodontalraumes rekonstruiert. Diese Methode birgt eine Reihe von Fehlerquellen in sich, auf die in der Diskussion noch einzugehen sein wird.

Über das Volumen des Periodontalraumes, durch welches sich die absolute Menge des einen Zahn umgebenden periodontalen Gewebes bestimmen ließe, liegen keine durch Messungen fundierten Angaben vor.

Für die vorliegende Arbeit wurde als neue Methode ein Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffausgusses des Periodontalraumes entwickelt, das später genau beschrieben wird. Der dreidimensionale Kunststoffausguß ergibt ein Positiv des Periodontalraumes, das sich weniger zeitraubend anfertigen läßt als histologische Schnittpräparate, aber ebenso vermessen werden kann. Zusätzlich ist eine Volumenbestimmung möglich.

Die Untersuchungen fanden an H a u s h u n d e n und H a u s s c h a f e n statt, also an Tieren, die sich sowohl hinsichtlich des erreichbaren Alters als auch hinsichtlich der Größe der Kiefer wenig voneinander unterscheiden. In allen funktionellen Eigenheiten dagegen zeigen sie wesentliche

Unterschiede. Zahnmedizinisch betrachtet könnte man dem H a u s h u n d einen teilweise extrem tiefen Biß mit Zwangsbiß zuschreiben. Aufgrund der Form des Kiefergelenkes und der Verzahnung sind dem H u n d nur höchst geringe laterale Kieferbewegungen möglich (PREISSECKER, 1938). Beim S c h a f liegt ein extrem ausgeprägtes Abrasionsgebiß vor, welches im Gegensatz zum H u n d vorwiegend auf laterale Kaubewegungen eingestellt ist. Darauf, wie weit sich diese unterschiedlichen Gegebenheiten auf die Gestalt des Periodontalraumes niederschlagen, mußte ebenfalls geachtet werden.

II. MATERIAL UND METHODIK

Für die Untersuchungen wurden die Köpfe frisch getöteter Tiere bekannten Alters verwendet. Hierbei handelte es sich um 3 D e u t s c h e S c h ä f e r h u n d e (2, 6 und 10 Jahre alt) und 4 H a u s s c h a f e (2,5, 4, 7 und 10 Jahre alt).

Die Vorbereitung und Herstellung der Kunststoffausgüsse vom Periodontalraum geschah in der folgenden Weise: Die Köpfe wurden vom Fell befreit und die Unterkiefer im ganzen exartikuliert. Alle Unterkiefer wurden mesial und distal der Backenzähne durchsägt, was zu drei zahntragenden Unterkiefertteilen je Tier führte. Beim H u n d mußten dabei die weit an den Wurzeln der Prämolaren vorbeiführenden Eckzähne durchsägt werden, deren Periodontalraum deshalb von mir wie von anderen Autoren nicht untersucht wurde. Bei den Oberkiefern wurde zunächst ein transversaler Sägeschnitt mesial der Backenzähne geführt, der beim H u n d bis zur Isolierung der die Schneidezähne tragenden Zwischenkiefertteile erfolgte. Der obere Eckzahn fiel dabei aus dem gleichen Grunde wie der untere für die weitere Untersuchung aus. Als weitere Sägeschnitte zur Isolierung der die Backenzähne tragenden Oberkiefertteile erfolgten distal der Backenzähne ein Transversalschnitt und zuletzt ein Medianschnitt durch den restlichen Oberschädel.

Das Gesamtergebnis waren 38 Kiefertteile, von denen jeder einen Zahn - Knochen - Block mit vollständig erhaltenem Backen- oder Schneidezahnbereich darstellte. Hierzu seien für das S c h a f

zwei Anmerkungen gemacht: Es besitzt im Oberkiefer weder Schneide- noch Eckzähne, und im Unterkiefer hat sein Eckzahn, der phylogenetisch an die Schneidezähne herangerückt ist, Schneidezahncharakter.

Bevor nun die Kiefertelle weiterverarbeitet wurden, erfolgte eine Untersuchung auf pathologische Abweichungen, wobei die Erkrankungen des Zahnhalteapparates besonderes Augenmerk verlangten. Dort, wo der Verdacht auf Erkrankungen innerhalb des Kiefers gegeben war, wurden Röntgenaufnahmen der betreffenden Kiefertelle angefertigt. Klinische und röntgenologische Befunde wurden festgehalten.

Sodann wurden die Kiefertelle vollständig von allen äußeren Weichteilen einschließlich Periost und Gingiva befreit (Abb.1 a). In die Zähne wurde mit einem Rosenbohrer eine zirkuläre Führungsrille in der Höhe des Margo alveolaris eingefräst (Abb.1 b). Danach erfolgte eine Erstabformung der bukkalen Flächen der Kiefertelle mit thermoplastischem Abformmaterial (Xantynen), wobei es darauf ankam, die Kauflächen der Zähne mitabzuformen (Abb.1 c). Auf die fertige Erstabformung wurde nach Entfernung scharfer Kanten mittelflüssige Silikon - Abformmasse (Lastic 55) aufgetragen und eine Zweitabformung vorgenommen (Abb.1 d). Um für die Silikon - Abformmasse ausreichende Retention zu schaffen, waren die Kiefertelle vor der Erstabformung mit feuchter Mullgaze abgedeckt worden, welche sich in das thermoplastische Abformmaterial hineingedrückt hatte. Zusätzlich war die Erstabformung noch mehrmals kreuzweise mit einem heißen Wachsmesser angeritzt worden.

Nach der Zweitabformung wurden die Zähne in Anlehnung an die von NAVIA et al. (1963) und SCHNEIDER (1970) angegebenen Methoden aus den Kiefertellen entfernt (Abb.1 e). Die Vorbereitung erfolgte durch einstündiges Kochen und Autoklavieren der Kiefertelle bei 145°C. Hierbei fand eine Zerstörung der periodontalen Fasern statt, die mithin der Extraktion der Zähne keinen Widerstand mehr entgegensetzen konnten. Um den alveolären Knochen zu schonen, wurden die Extraktionen mit dem Hebel nach Barry in axialer Richtung

vorgenommen, wobei die Führungsrille als Hypomochlion diente. Insgesamt kam es von 244 Zähnen bei 50 Zähnen (20,83%) zur Fraktur, 19 Zähne (7,92%) konnten überhaupt nicht entfernt werden, und bei 3 Zähnen (1,25%) kam es während der Extraktion zur Fraktur der bukkalen Alveolarwand. Ein Teil (6) der frakturierten Zähne (4 Backenzähne vom Hund und 2 vom Schaf) wurde trotzdem weiterverarbeitet, weil sich die Frakturstücke nahtlos in die Zweitabformung einfügen ließen. So blieben von einem Untersuchungsmaterial von 244 Zähnen 178 Zähne übrig, von denen sich Periodontalraumausgüsse herstellen ließen.

Zur Weiterverarbeitung wurden die isolierten Zähne und Kiefertelle in 5%iger Antiforminlösung von 50°C eine halbe Stunde unter Kontrolle mazeriert, bis es zur vollständigen Auflösung der periodontalen Gewebsreste gekommen war. Dann wurden die Zähne mit ihrer Krone in die zugehörige Zweitabformung eingepaßt und die leeren Alveolen eines trockenen Kiefertells mit flüssigem Kunststoff auf der Basis des Methacrylats (Technovit mit Anrührverhältnis: 3 Teile Pulver, 1 Teil Flüssigkeit) gefüllt. Die eingepaßten Zähne wurden darauf derart in den Kieferteil eingeführt (Abb.1 f), daß die Zahnwurzeln den Kunststoff soweit verdrängten, bis der nun gewebefreie Periodontalraum vollständig mit Kunststoff ausgefüllt war. Überschüsse konnten entlang der Führungsrille nach palatinal (resp. lingual) abfließen. Nachdem der Kunststoff erhärtet war, wurde die Zweitabformung abgenommen und der Kieferteil gesäubert. Dazu mußte vor allem die Führungsrille wieder vorsichtig mit dem Rosenbohrer freigelegt werden, um den marginalen Abschluß des ausgegossenen Periodontalraumes genau zu markieren. Danach erfolgte eine aggressive Auflösung der Zähne und Kiefertelle in 10%iger Salzsäure bei 65°C. Nach 10 - 12 Stunden war die Auflösung bis auf einzelne Weichteilflocken fortgeschritten, und das Ausgußmodell des Periodontalraumes lag vor (Abb.1 g), das von der Säure nicht angegriffen wird. Während der Auflösung war es notwendig, die Lage der Ausgüsse im Kiefer durch Tuschepunkte (säurefeste Rot-

ring - Zeichentusche) zu markieren, um einen Anhaltspunkt für die spätere Zuordnung jedes Periodontalraummodelles zu seinem Zahn zu haben.

Als Untersuchungsmaterial lagen nun vom H u n d 106 und vom S c h a f 72 Kunststoffausgüsse vor, die als Modelle zur Vermessung des Periodontalraumes dienten. Nach dem Trocknen und Sortieren der Modelle erfolgte zunächst die Volumenummessung. Hierzu wurden nur solche Modelle verwendet, bei denen der Kunststoff nicht zum Teil mit in die den Periodontalraum umgebenden Knochenkanälchen geflossen war, was das Ergebnis verfälscht hätte. Um das Volumen eines Modelles zu ermitteln, wurde es zunächst auf einer Analysenwaage gewogen. Das Gewicht (G) wurde notiert und das Volumen (V') des Kunststoffs nach der Formel

$$V' = \frac{G}{\gamma}$$

ermittelt. Das spezifische Gewicht γ des verwendeten Kunststoffs beträgt nach Angaben der Herstellerfirma 1,18.

Da der Kunststoff während der Polymerisation bei einem Anrührverhältnis von 3 Teilen Pulver zu 1 Teil Flüssigkeit einem Volumenschwund von 5% unterliegt (SCHMIDT, 1974), wurden diesem Volumen 5% nach der Formel

$$\frac{V' \cdot 100}{95} = V$$

hinzugerechnet. V gibt somit das ursprüngliche, ungeschrumpfte Volumen des Periodontalraumes an.

Die weitere Auswertung der Modelle geschah in ähnlicher Weise wie die Vermessung von histologischen Schnittpräparaten anderer Autoren, welche die Weite des Periodontalraumes an einzelnen markierten Punkten maßen. Dazu war es notwendig, die Modelle in Modellteile zu zerteilen. Das stellte sich zunächst als problematisch heraus, weil die Modelle so zart und zerbrechlich waren, daß ihre Zerteilung nur durch Beschädigung möglich erschien, wodurch die Gewinnung von Meßdaten unmöglich gewesen wäre. Um Abhilfe zu schaffen, wurden die Modelle

stabilisiert, indem sie mit andersfarbigem selbsthärtendem Kunststoff - ebenfalls auf der Basis des Methacrylats (Paladur) - aufgefüllt wurden (Abb.1 h).

Danach wurden von allen Modellen die Wurzelhälften achsen-gerecht weggefräst, und zwar so, daß zum Beispiel die Wurzeln des linken P_4 ihre bukkale Hälfte und die des rechten P_4 ihre mesiale Hälfte verloren (Abb.1 i). Auf diese Weise wurde einerseits die sagittale und andererseits die trans-versale Schnittfläche freigelegt (Abb.1 i; SF, TF). Zwei Abweichungen von diesem Vorgehen kamen vor. Einmal (selten) konnte ein Modell nicht ringsum vollständig sein, so daß sich keine vollständige Wurzelhälfte herstellen ließ. Dann wurde die entsprechende Wurzelhälfte des andersseitigen Zahnes nochmals halbiert (Pfeile in Abb.1 i), um die fehlenden Meßwerte dennoch zu erhalten. Zum anderen war es bei dem en - bloc - Modell der unteren Schneidezähne vom H u n d (siehe unten) nicht möglich, immer alle Wurzeln entsprechend herzurichten. Um dennoch alle Meßwerte zu erhalten, wurden die entsprechenden Wurzeln einer Seite so bearbeitet, daß beide Schnittflächen zur Hälfte vorlagen.

Die Weite des Periodontalraumes wurde an jedem Schnitt-flächenpräparat an drei Stellen der Alveole gemessen, die als Region des Alveolarrandes, der Alveolarmitte und der Alveolarspitze bezeichnet werden (Abb.1 a; R, M, S). Bei einem Teil der Präparate wurde auch die Weite des Periodontalraumes am Grunde der Alveole (Abb.1 a; G) und bei den mehrwurzligen Zähnen im Bereich der Bifurkation bestimmt.

Die Messungen erfolgten bei 80-facher Vergrößerung mit einer Präparierlupe, deren Okular mit einem geeichten Mikrometer versehen war. Insgesamt wurden bei den 178 Periodontal-raummodellen 1759 Messungen vorgenommen.

III. LITERATURAUSWAHL

Der größte Teil der Untersuchungen über den Periodontalraum wurde am M e n s c h e n vorgenommen. Der H u n d fand einige Male Interesse als vergleichend anatomisches Studienobjekt (KLEIN, 1928; SCHWENZER, 1935; ORBAN, 1965), wurde aber auch unabhängig vom M e n s c h e n untersucht (BITTNER, 1951). Über das S c h a f liegen nur vereinzelte Arbeiten vor (KRONFELD, 1927; NEMEC, 1952; SOLLGRUBER, 1953; LÖNNERBLAD, 1955).

A. MENSCH

Die räumliche Ausdehnung des Periodontalraumes wurde in allen Fällen anhand histologischer Zahn - Knochen - Schnittpräparate untersucht. GOTTLIEB (1920) schreibt dem M e n s c h e n eine normale Periodontalraumweite von 0,0625 - 0,125 mm zu. WESKI (1922) kommt auf etwas höhere Werte (0,2 - 0,25 im Oberkiefer, 0,15 - 0,22 im Unterkiefer), räumt aber ein, daß im einzelnen Fall diese Werte erheblich über- oder unterschritten werden können. Derselbe Autor macht eine Beobachtung, die von allen anderen Autoren bestätigt wird, nämlich daß der Periodontalraum am Alveolarrand und in der Nähe der Alveolarspitze erheblich weiter ist als an den übrigen Stellen. ORBAN (1965) spricht in diesem Zusammenhang auch von der "Sanduhrform" der Alveole und des Periodontalraumes. Die Erklärung für dieses Formprinzip wird allgemein aus der Kenntnis der Zahnbewegungen innerhalb der Alveole abgeleitet. Eine der häufigsten dieser Bewegungen ist die horizontale Kippbewegung oder "Kippung" (SCHNYDER, 1955; SCHUMACHER, 1962; MÜHLEMANN et al., 1975) in grundsätzlich allen Richtungen, bei der man den Zahn als einen zweiarmligen Hebel auffassen kann, der um einen in der Nähe der Wurzelmitte gelegenen Drehpunkt pendelt. Nach KLEIN (1928) und SICHER (1928) liegt dieser Drehpunkt etwas unterhalb der Wurzelmitte. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß diese selten isoliert erfolgende Bewegung meist mit einer axialen Bewegung - mit einem Hineinsenken des

Zahnes in die Alveole hinein - kombiniert vorkommt. Aus diesem Grund spricht WESKI (1922) auch lieber von "Schwingung". Die Folge dieser zusammengesetzten Bewegung ist auf jeden Fall eine erhöhte Exkursion der marginalen und apikalen Anteile der Wurzel, während am Drehpunkt nahe der Wurzelmitte kaum Bewegung stattfindet. GOTTLIEB und ORBAN (zit. n. SCHUMACHER, 1962) sprechen von "biologischer Breite" des Periodontalraumes am Drehpunkt und von "physiologischer Breite" am Apex und am Alveolarrand.

Systematische Messungen der Periodontalraumweiten an einem größeren histologischen Material vom Menschen nahmen KELLNER (1928), KLEIN (1928), KRONFELD (1931), JOZAT (1933) und COOLIDGE (1937) vor. Die dabei gefundenen Durchschnittswerte bei normalen funktionellen Verhältnissen schwanken zwischen 0,12 und 0,36 mm. Zähne ohne Antagonisten sowie Zähne, die verlagert, retiniert oder impaktiert waren, wurden als "funktionsarm" oder "funktionslos" eingestuft. Es ergab sich allgemein, daß die Periodontalräume solcher Zähne wesentlich enger waren als die Periodontalräume von Zähnen, die voll in Funktion standen. Die Durchschnittsweiten liegen hier zwischen 0,006 und 0,28 mm. KRONFELD (1931) und COOLIDGE (1937) wiesen zusätzlich darauf hin, daß sich auch die Weitenverhältnisse innerhalb eines einzigen Periodontalraumes bei den funktionslosen Zähnen veränderten; so wurden am Grunde der Alveole keine höheren Werte als in der Mitte der Alveole gemessen (KRONFELD, 1931). Lediglich die Werte am Alveolarrand waren etwas erhöht.

Sehr große Periodontalraumweiten fanden KLEIN (1928), JOZAT (1933) und COOLIDGE (1937) bei gegenüber der Norm überbelasteten Zähnen, nämlich 0,18 - 0,398 mm. Eine Überbelastung wurde bei Zähnen angenommen, die mit Prothesenklammern versehen waren oder die auf Grund ihrer anormalen Stellung im Gebiß ein Artikulationshindernis bildeten. Der Begriff "Überbelastung" läßt sich auch auf solche Zähne anwenden, bei denen es wegen entzündlicher oder chronisch - degenerativer Erkrankungen

des Zahnhalteapparates zu Schwunderscheinungen des alveolären Knochens gekommen ist. Für solche Zähne stellt bereits die normale Belastung eine Überbelastung dar (HÄUPL, 1958). ESCHLER (1952) und ORBAN (1965) haben Versuche mit H u n d e n und A f f e n durchgeführt, indem sie einzelne Zähne dieser Tiere für eine gewisse Zeit durch kieferorthopädische Bewegungselemente einer kontinuierlich gerichteten Überbelastung aussetzten. Nach Tötung der Tiere wurden von den überbelasteten Zähnen Zahn - Knochen - Schnitte hergestellt. Es zeigte sich, daß es bei diesen Zähnen zur Verschiebung der Wurzel innerhalb der Alveole und, je nach Stärke der Belastung, zu Nekrosen im Periodontium, am Alveolarknochen und zum Teil auch im Zahnzement kam. Teilweise war der Periodontalraum an einzelnen Stellen erheblich verbreitert. ESCHLER (1952) räumt aber zu Recht ein, daß eine solche kontinuierliche Belastung nicht der physiologischen, mehr intermittierenden Belastung gleichzusetzen ist und die gefundenen Ergebnisse nicht als normale Anpassungserscheinungen im Periodontalraum bei erhöhter Kaubelastung zu interpretieren sind. Durch einen anderen Versuch konnte ORBAN (1965) jedoch eine gleichsam physiologische, intermittierende Überbelastung an einem A f f e n z a h n imitieren. Das nach 3 Monaten Versuchsdauer gewonnene Präparat zeigte eine Erweiterung des Periodontalraumes um das Dreifache der Norm, ohne daß es zu akuten traumatischen Gewebsveränderungen gekommen war. Die bisher gewonnenen Erkenntnisse lassen sich somit im Prinzip durch die Meinung von KRONFELD (1931), der KLEIN (1928) bestätigt, ausdrücken: "The more function, the wider the periodontal membrane".

Dieser anpassenden Erweiterung sind allerdings durch das gegenüber dem Knochen vergleichsweise kleinere Elastizitätsmodul der kollagenen Fasern (nach Untersuchungen von TRIEPEL, 1922) Grenzen gesetzt. Je weiter der Periodontalraum ist, desto mehr müssen auch die Zahnbewegungen innerhalb der Alveole zunehmen, was nach SICHER (1928) keineswegs günstig ist, da die periodontalen Gewebsteile durch Ex-

kursionen der Zahnwurzel geschädigt werden könnten. HÄUPL (1958) hat eine Reihe von Periodontien untersucht, die einer extremen Überbelastung ausgesetzt waren. Er fand ausgedehnten entzündlichen Gewebsuntergang im Periodontium sowie osteoklastische Resorptionen an Alveolarknochen und Zahnzement. Derselbe Autor spricht in diesem Zusammenhang vom Bild einer Parodontitis profunda.

Über die altersmäßig bedingten Formveränderungen des Periodontalraumes beim Menschen liegen verschiedene Angaben vor. KLEIN (1928) und JOZAT (1933) kamen durch ihre Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Periodontalraumweiten mit steigendem Alter zunehmen. Im Gegensatz dazu geht aus den Messungen von COOLIDGE (1937) und GÖTZE (1965) hervor, daß der Periodontalraum im Alter an Weite verliert. Andere Autoren, die keine Messungen veröffentlichten, wie LENHOSSEK (1922), SCHNYDER (1955), FRÖHLICH (1958) und GLICKMAN (1972), schließen sich dieser zweiten Meinung an. SCHNYDER (1955) nimmt an, daß diese Verengung mit der im Alter abnehmenden Elastizität der Sharpey - Fasern im Zusammenhang stehen könnte. LENHOSSEK (1922), FRÖHLICH (1948) und BALOGH et al. (1962) begründen die Weitenabnahme mit der im Alter zunehmenden Zementaposition an der Zahnwurzel.

An dieser Stelle ist es angebracht, etwas auf die Morphogenese des Zahnzements einzugehen, da ja die Menge und Lokalisation der Zementanlagerung in großem Maße die Gestalt des Periodontalraumes bestimmt. Allgemein unterscheidet man zwischen dem primären, zellfreien oder Fibrillenzement einerseits und zwischen dem sekundären, zellhaltigen oder Zellzement andererseits. Beide Arten von Zement können allein oder gemeinsam an der Zahnwurzel vorkommen (SCHNYDER, 1955). Umfang und Form der Zementanlagerung hängen laut übereinstimmender Meinung der Autoren in großem Maße von der individuellen Funktion des Zahnhalteapparates ab. Abgesehen von der ersten, sehr dünnen Fibrillenzementschicht vor dem Zahndurchbruch kommt die Zementogenese erst während des Zahndurchbruches in Gang, wie ORBAN (1965) und WANNEN-

MACHER (1968) feststellten. Sie fällt somit auch in die erste Gebrauchsperiode des Zahnes. Im späteren Leben wird weiter kontinuierlich Zement angelagert. Das dem Knochengewebe sehr ähnliche Zement zeigt insofern Eigenheiten, als es nicht fortwährendem Umbau unterworfen ist, sondern unter normalen Umständen lediglich appositionelle Neubildung zeigt. Die Ernährung des Zementes erfolgt nach KELLNER (1931), SCHNYDER (1955) und WANNENMACHER (1968) aus dem Versorgungssystem des periodontalen Bindegewebes heraus; vom Zahn her kann kaum Ernährung erfolgen. Es wird also neues Zellzement schubweise auf bereits bestehende, ältere Schichten gelagert, so daß (SCHNYDER, 1955; WANNENMACHER, 1968) die tieferen Schichten auf die Dauer in der Ernährung beeinträchtigt werden. Dieser Vorgang führt schließlich zur Pyknose, Verfettung und Auflösung der Zellkerne der älteren Schichten.

Die zunehmende Verbreiterung der Zementschichten im Alter wurde von GÖTZE (1965) untersucht. Er fand, daß sich das Breitenverhältnis Periodontalraum : Zement von 65 : 35 in der Jugend auf 40 : 60 im Alter verschiebt und demnach fast umkehrt.

Bei leichter oder mittelmäßig erhöhter Belastung des Zahnes kommt es zu einer Hyperzementose im Sinne einer quantitativ über der Norm liegenden Zementapposition, wie SCHNYDER (1955), HÄUPL (1958) und GLICKMAN (1972) feststellten.

Bei extrem erhöhter Belastung beobachtete HÄUPL (1958) in Übereinstimmung mit FRÖHLICH (1958) neben einer Parodontitis profunda im Gegenteil resorptive Erscheinungen sowohl im Zement als auch im Dentin. Er ist im übrigen der Meinung, daß der maßgebende Faktor für die Entstehung von Zementappositionen in der Erschütterung des Zahnes durch die Kaugewegungen zu sehen ist und begründet seinen Standpunkt mit der allgemein bekannten Tatsache, daß sich die dicksten Zementanlagerungen am letzten apikalen Drittel der Wurzel und an den Wurzelbifurkationen finden.

KRONFELD (1927) und KELLNER (1928, 1931) konnten hingegen

zeigen, daß sich ausgerechnet an den Wurzeln funktionsloser Zähne auch Zementapositionen fanden, die über der Norm lagen. Sie fassen die Zementaposition als eine in erster Linie reparative Neubildung im Sinne von GOTTLIEB (1923) auf, welcher, wie KELLNER (1928) angibt, annimmt, daß die "Zementverbreiterungen als eine Abwehr gegen das Eliminiertwerden des Zahnes aufzufassen sind, die bei einem reaktionsfähigem Gebiß zur kompensatorischen Verschmälerung des Periodontalraumes, der aus irgendeinem Grund eine übergroße Verbreiterung erfahren hat, führen". Andere Autoren, wie FRÖHLICH (1948) und GLICKMAN (1972), betrachten die Zementaposition als eine gewisse Möglichkeit, eine Zahnwurzel zu verlängern.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß über Entstehung und Bedeutung von Zementapositionen noch keine vollständige Klarheit besteht. Die Aufgabe des Zementes erschöpft sich sicherlich nicht in der ihr von SCHNYDER (1955) allein zugeschriebenen Funktion, die Sharpey - Fasern an der Zahnwurzel zu befestigen.

B. HUND

Der Periodontalraum des H a u s h u n d e s wurde von BITTNER (1951) anhand histologischer Zahn - Knochen - Schnitte von 4 etwa 2 - 3 Jahre alten Tieren ausführlich vermessen und beschrieben. Es ergab sich, daß beim H u n d ebenfalls eine "Sanduhrform" des Periodontalraumes vorliegt, also die Periodontalraumweiten in der Nähe von Alveolarrand und Wurzelspitze größer sind als im Bereich der Wurzelmitte. BITTNER (1951) fand weiter, daß im Oberkiefer ein durchschnittlich engerer Periodontalraum vorliegt als im Unterkiefer (0,334 mm gegenüber 0,429 mm). Der Durchschnittswert aller seiner Messungen beträgt 0,382 mm. Insgesamt soll beim H u n d der bukkale Anteil des Periodontalraumes weiter sein als der linguale (resp. palatinale); ebenso sollen im Oberkiefer die mesialen Periodontalraumweiten die distalen überwiegen. Im Unterkiefer liegen laut BITTNER (1951) die umgekehrten Verhältnisse vor. Im übrigen wird die Form des Periodontalraumes im Einzelfall als sehr variabel bezeichnet. Der Autor

erwähnt ferner, daß beim H u n d aus der Alveolarwand vielfach Knochenleistchen ins Periodontium vorspringen und es somit verdrängen. Dieselbe Beobachtung macht auch SCHWENZER (1935), der dem H u n d eine wesentlich geringere durchschnittliche Periodontalraumweite zuschreibt (0,13 mm), jedoch keine eigenen Messungen veröffentlicht. Messungen an einem begrenzten Material nahm KLEIN (1928) vor. Er gibt die durchschnittliche Periodontalraumweite des H u n d e s mit 0,35 mm an, bestätigt also BITTNER (1951).

Als eine anatomische Besonderheit des R a u b t i e r g e b i s s e s ist die Wurzelseptumleiste (Crista septi intraradicularis s. intraalveolaris) anzusehen, die von POINTNER (1951) und BODINGBAUER (1955) untersucht wurde. Sie ist ein schmaler Knochengrat, welcher vom interradiikulären Septum mehrwurzliger Zähne der R a u b t i e r e in die Alveole zieht und sich in der Gegend der Wurzelspitzen verliert. Die Zahnwurzeln weisen dort, wo sie der Wurzelseptumleiste anliegen, Wurzelrinnen (Sulci radicales) auf. Der Periodontalraum soll im Bereich der Wurzelseptumleiste im Querschnitt herzförmig erscheinen.

BODINGBAUER (1955) fand die Leiste außer beim H u n d auch bei W o l f, T i g e r sowie E i s b ä r, und ALTZINGER (1950) fand sie bei der K a t z e. POINTNER (1951) schreibt den Wurzelrinnen eine zweifache Funktion zu: einerseits sollen sie, rein statisch gesehen, den Zahn gegen Drehbewegungen beim Kauen schützen, andererseits sollen sie durch Vergrößerung der Wurzeloberfläche die Anzahl der inserierenden Faserbündel erhöhen. Der Zahnhalteapparat würde auf diese Weise eine zusätzliche Verstärkung erfahren.

C. SCHAF

Beim H a u s s c h a f nahmen NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953) systematische Vermessungen des Periodontalraumes an 6 Tieren vor, wobei NEMEC (1952) den Oberkiefer und SOLLGRUBER (1953) den Unterkiefer untersuchte. Beide Autoren konnten die "Sanduhrform" des Periodontalraumes

auch beim S c h a f bestätigen. Sie stellten ferner fest, daß hier die mesialen Anteile des Periodontalraumes allgemein weiter sind als die distalen. Im Oberkiefer sollen palatinal größere Periodontalraumweiten vorliegen als bukkal; im Unterkiefer sollen die bukkalen (resp. labialen) Periodontalraumweiten gegenüber den lingualen erhöht sein. Generell wurden bei den älteren untersuchten Tieren weitere Periodontalräume als bei den jüngeren festgestellt.

Hierzu ist zu bemerken, daß NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953) für ihre Untersuchungen relativ junge Tiere verwendeten, denn das Alter der beiden ältesten S c h a f e betrug 2,5 resp. 3 Jahre. Nach den Untersuchungen von ELBERS (1924) ist der Zahnwechsel selbst bei ausgesprochen frühreifen Rassen allerfrühestens mit 2 Jahren und 9 Monaten, in der Regel aber noch viel später beendet, weil erst zu diesem Zeitpunkt die bleibenden Eckzähne durchbrechen. Es wurden von NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953) also nahezu ausschließlich die Verhältnisse im Wechselgebiß untersucht, so daß die Frage aufzuwerfen ist, ob sich unter diesen Umständen überhaupt eine Aussage über Altersveränderungen des Periodontalraumes machen läßt.

Die abgebildeten Schnitte weisen im Vergleich zu denen von anderen Autoren beim H u n d angefertigten Schnitten wesentliche Unklarheiten auf. Das Periodontium scheint oft stärkste Schwankungen in der Dicke aufzuweisen, weil die Wurzeln der Backenzähne mit unterschiedlich dickem Schmelz überzogen sind, der bei der Entkalkung restlos verlorengeht. Diese Schwankungen kommen aber in den Meßwerten der Autoren nicht zum Ausdruck. Allein LÖNNERBLAD (1955) bemerkt, daß die Anfertigung von histologischen Schnitten im Backenzahnbereich beim S c h a f mit besonderen Schwierigkeiten verbunden sei, die er aber nicht näher objektiviert. Angesichts der von den Autoren wiedergegebenen Abbildungen bleiben jedenfalls Fragen offen, die bei meiner Methodik gar nicht erst entstehen können.

IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A. PATHOLOGISCHE BEFUNDE AM UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Bei dem zehnjährigen H u n d war Zahnunterzahl festzustellen, denn es fehlten im rechten Oberkiefer P_3 und P_4 . Für Spontanverlust infolge Erkrankungen des Periodontium ergaben sich keinerlei Anhaltspunkte. Der rechte untere I_3 des sechsjährigen H u n d e s zeigte eine Fraktur mit Eröffnung der Pulpa; die Fraktur lag vermutlich schon länger zurück, da die Frakturränder abgeschliffen und der Zahn bräunlich verfärbt war. Sonst konnten bei den H u n d e n keine weiteren pathologischen Abweichungen festgestellt werden; die Gebisse machten allesamt einen gesunden, funktionsgerechten Eindruck, die Epithelansätze am Zahnhals waren straff ausgeprägt und die Gingiva wies auch bei den älteren Tieren keinerlei Anzeichen einer Entzündung auf.

Bei den S c h a f e n lagen gänzlich andere Verhältnisse vor. Einen Überblick über Anzahl und prozentuale Häufigkeit pathologischer Veränderungen gibt folgende Zusammenstellung: (Terminologie nach BECKER, 1970)

	betroffene Zähne	Häufigkeit
Hypeplasie der		
Zementfüllung	56	46,7%
Diastema	18	15,0%
Exsuperantia dentium	2	1,7%
Präsenile Excavation	2	1,7%
Schmelzdefekt unbekannter Genese in Höhe des		
Alveolarrandes	1	0,8%
Periodontitis marginalis	1	0,8%
Zahnunterzahl	2	1,7%
Periodontitis purulenta chronica mit Periostitis		
ossificans	1	0,8%

Die Hypoplasie der Zementfüllung kam bei den Prämolaren und Molaren aller S c h a f e derart häufig vor (62%), daß zu überdenken ist, ob man sie überhaupt zu den pathologischen Veränderungen zählen sollte. Alle anderen Befunde wurden fast ausschließlich an den beiden ältesten Tieren erhoben. Bei dem zehnjährigen Tier fiel besonders eine breitbasige, sich von bukkal nach lingual erstreckende Knochenaufreibung regio M_2 - M_3 im rechten Unterkiefer auf. Zwischen dem bukkalen Anteil der Krone in Höhe des Alveolarrandes und der marginalen Begrenzung der Gingiva klappte ein Spalt von 1 - 2 mm Breite, der mit einer grünen, übelriechenden Masse angefüllt war. Vom Periodontium ließen sich nicht einmal mehr Reste auffinden. Der Befund entsprach weitgehend dem von BECKER (1970) beschriebenen Bild einer Periodontitis purulenta chronica mit Periostitis ossificans und wurde auch so bezeichnet, obwohl der Begriff sicher nicht sehr glücklich ist, da, wie gesagt, von einem Periodontium nicht mehr die Rede sein konnte.

Um keine Veränderungen innerhalb der Kiefer zu übersehen, wurden von den Kiefertteilen der beiden ältesten Tiere Röntgenaufnahmen angefertigt. Im Bereich der distalen Wurzel des unteren rechten M_2 beim zehnjährigen Tier, wo die Periodontitis purulenta chronica festgestellt wurde, fällt röntgenologisch eine kirschgroße, gut umschriebene Aufhellung des Kieferknochens auf, welche sich distal noch bis zwischen die mesiale und distale Wurzel des M_3 erstreckt. (Abb.2). Die distale Wurzel des M_2 ist gegenüber der mesialen Wurzel merklich schlanker und im apikalen Bereich wie ausgefranst abgebildet; der distal ihres erkennbaren Wurzelkanals liegende Hartsubstanzanteil, welcher sich im zentralen Bereich der umschriebenen Aufhellung befindet, ist nur noch äußerst schwach ausgeprägt.

Die übrigen röntgenologischen Befunde lassen sich in 2 Gruppen unterteilen:

- 1) In 19 Fällen finden sich, vorwiegend an den Wurzeln der Incisivi, Canini, Prämolaren und zweiten Molaren, kolben-

förmige oder knollige Verdickungen im Bereich des apikalen Wurzeldrittels.

- 2) In 5 Fällen (nur M_1) erscheinen die Wurzeln gegenüber den Nachbarzähnen deutlich verkleinert und in ihrer Ausdehnung unscharf begrenzt. Ein Periodontalspalt als Äquivalent des Periodontalraumes ist nicht erkennbar; der umgebende Knochen zeigt entweder eine diffus begrenzte Aufhellung oder eine verwaschene, wenig verdichtete Spongiosastruktur.

Abb.3 zeigt einen solchen Molaren nach seiner Entfernung. Die Wurzeln lassen deutlich sichtbare Anzeichen von Resorption erkennen. Von der bukkalen Wurzel ist nur noch ein schmaler Grat übriggeblieben, aus dem in unregelmäßigen Abständen kleine Zacken und Kanten hervorspringen. Überall oberhalb der Krone finden sich höhlenförmige Einbuchtungen, die weit in das Dentin der Wurzel hineinreichen, so daß sich vom Zement nur noch kleinere Inseln auf der Wurzeloberfläche abheben.

Vermessungen des Periodontalraumes wurden von jenen Zähnen, bei denen im Verlauf der pathologischen Untersuchung Anzeichen von Erkrankungen des Periodontium gefunden wurden oder die einen röntgenologischen Befund der letztbeschriebenen Art aufwiesen, entweder nicht durchgeführt oder nicht in der Statistik berücksichtigt, da sie zu einer Verfälschung der Ergebnisse geführt hätten.

Bemerkenswert ist noch, daß trotz eingehender klinischer Untersuchung mit der zahnärztlichen Sonde an keinem der untersuchten Tiere auch nur die geringste Spur von Karies nachweisbar war.

B. BESCHREIBUNG DER PERIODONTALRAUMMODELLE UND ERGEBNISSE IHRER VERMESSUNG NACH WEITE UND VOLUMEN

1. BESCHREIBUNG DER MODELLE

Beim Betrachten der von den Weichteilen befreiten Kiefertelle

von H u n d und S c h a f fiel auf, daß der bukkale Rand des Alveolarknochens generell etwas niedriger war als der linguale (resp. palatinale) Rand. Dieser Niveauunterschied nahm entsprechend dem Alter der untersuchten Tiere zu. Nur im Schneidezahnbereich des Unterkiefers vom H u n d war es genau umgekehrt; hier lag der bukkale Rand höher als der linguale Rand, und auch die Altersveränderung fand in umgekehrter Weise statt. Ferner war zu beobachten, daß die Symphyse des Unterkiefers vom H u n d auch bei den ältesten Tieren nicht verknöchert war, so daß beide Unterkiefer - Schneidezahnbereiche beim Mazerieren isoliert wurden. Bei der Weiterverarbeitung fiel auf, daß sich die Zähne der älteren Tiere (H u n d e und S c h a f e) wesentlich schwieriger extrahieren ließen als die der jüngeren Tiere. Besonders schwierig gestalteten sich die Extraktionen bei den beiden ältesten S c h a f e n: dort traten 64% der gesamten Frakturen auf. Der Hauptgrund für diese Schwierigkeiten war darin zu sehen, daß - dieses sei hier vorweggenommen - bei den älteren S c h a f e n sehr umfangreiche Zementappositionen an den Wurzeln auftraten, die die Form der Wurzeln in bizarrer Weise veränderten. Außerdem entstand beim Extrahieren der Eindruck, daß die Elastizität des Knochens bei den älteren Tieren (H u n d e und S c h a f e) geringer war. Bedeutung für die Gestalt der Periodontalraummodelle hatte der Porositätsgrad der alveolären Knochenlamelle; ORBAN (1965) bezeichnet sie wegen der vielen Öffnungen für Eintritt und Austritt von Nerven und Gefäßen auch als Lamina cribriformis. Diese Öffnungen waren insgesamt bei allen älteren Tieren zahlreicher und besaßen auch größere Lumina. Die Dicke der alveolären Knochenlamelle nahm ebenfalls bei allen älteren Tieren ab. Im Unterkiefer - Schneidezahnbereich von H u n d und S c h a f, wo die Zähne besonders dicht stehen, stellten sich die interdentalen Septen nur noch als papierdünne, durchlöchernte Membranen dar, so daß die Periodontalraummodelle der unteren Schneidezähne miteinander durch diverse Querverstreungen verbunden waren, was aber die Messung der Periodontalraumweite nicht weiter beeinträchtigte.

Die fertigen Modelle vom H u n d sind - analog dem meist konischen Verlauf der Wurzeln - bei den einwurzligen Zähnen ungefähr mit der Form eines plattgedrückten, spitzen Hohlkegels zu beschreiben. Bei den mehrwurzligen Zähnen fügen sich zwei oder drei verschieden breite und verschieden lange Hohlkegel, die im Bereich der Bifurkation durch eine Art Brücke miteinander in Verbindung stehen, zu einem Gesamtgebilde zusammen. Entlang des interradiikulären Wurzelrandes befindet sich eine dem Verlauf der Wurzelseptumleiste (Crista septi intraradicularis) entsprechende Längsrinne. Der Querschnitt des Periodontalraumes kann aber, entgegen POINTNER (1951) und BODINGBAUER (1955), deswegen nicht als herzförmig bezeichnet werden, da man dann gegenüber der Längsrinne eine Spitze finden müßte, was aber nicht der Fall ist. Abb.4 zeigt das Periodontalraummodell des oberen rechten P_4 (Dens sectorius) des sechsjährigen H u n d e s. Hier ist unter anderem zu ersehen, daß der marginale Abschlußrand des Periodontalraumes einen arkadenförmigen Verlauf zeigt und die Bifurkation sich nahe dem Margo alveolaris befindet. An den meisten Modellen von mehrwurzligen Zähnen des H u n d e s überstieg die Bifurkation sogar eindeutig das Niveau der terminalen Arkadenenden.

Etwas anders sahen die Periodontalraummodelle der oberen Incisivi aus. (Abb.5). Die Wurzelspitze ist hier relativ abgestumpft, und die Wurzelform ist weniger konisch; sie besitzt vielmehr die Form eines dorsoventral gekrümmten Reagenzglases mit längsovale Querschnitt. Dabei liegen die Wurzeln von $I_1 - I_3$ wie ihre Kronen bogenförmig nebeneinander.

Bei den unteren Incisivi liegen die Wurzeln anders zueinander (Abb.6). Zunächst BITTNER (1951) bestätigend, liegen die Wurzelspitzen von I_1 und I_2 dorsoventral übereinander, wobei die von I_1 die ventrale Position einnehmen und sich nicht so nahekommen wie die von I_2 . Die Wurzelspitzen von I_3 , die BITTNER (1951) nicht erwähnt, nehmen den ebengenannten gegenüber eine mittlere und seitliche Position ein. Alle 6 Wurzelspitzen umschreiben dadurch ein Oval mit dorsoventral längerer Achse, während die zugehörigen Kronen wie im Oberkiefer

bogenförmig nebeneinander liegen. Diese Topographie war bei allen untersuchten H u n d e n die gleiche, und ihre Feststellung war dadurch möglich, daß die Periodontalraummodelle der unteren Schneidezähne stets zusammenhängend gewonnen wurden, wie bei Beschreibung der Methodik zum Ausdruck kam.

Beim S c h a f ähneln die Periodontalraummodelle der Incisivi und Canini formal denen der oberen Incisivi des H u n d e s, d. h. sie ähneln gebogenen Reagenzgläsern, die allerdings etwas weniger stumpf als beim H u n d sind und deren Konkavität vom Distalrand gebildet wird. Bei den Backenzähnen setzen die Wurzeln zunächst die quadratische Form der Kronen fort, d. h. auch die Umhüllung der Wurzeln ist derart quadratisch. Der Bifurkationsbereich und damit Wurzelspitzenabschnitt beginnt bei den Prämolaren und beim M_1 im mittleren und bei den übrigen Molaren im apikalen Drittel, liegt also erheblich unter dem Niveau des marginalen Abschlußrandes des Periodontalraumes, der wie beim H u n d eine arkadenförmige Kontur zeigt. Die Form dieses Wurzelspitzenabschnittes gleicht rundlichen Röhren, die leicht distal gekrümmt sind. Die Aufteilung der quadratischen Wurzelabschnitte in röhrenförmige Wurzelspitzenabschnitte deutet sich durch flache Längsrinnenbildungen an, die um so tiefer werden, je näher sie der Bifurkation kommen.

Während die Außenfläche der Modelle bei jüngeren H u n d e n und S c h a f e n relativ glatt ist, machen sich hier bei den älteren Tieren meist Unebenheiten bemerkbar, die dadurch entstanden sind, daß der Kunststoff mit in die Öffnungen der alveolären Knochenlamelle geflossen war. Abb.7 zeigt das Periodontalraummodell eines M_1 vom Oberkiefer des sechsjährigen H u n d e s. Bemerkenswert ist hier die Abformung der periodisch in den Periodontalraum einmündenden Knochenkanälchen, durch welche die Aa., Vv. und Nn. dentales ihre Rami perforantes zur Versorgung des Periodontium entsenden. Gleichzeitig ist im apikalen Bereich des Periodontalraumes der distobukkalen Wurzel gut die starke Aufsplitterung der Knochenkanälchen zu beobachten, die mit

der Verästelung jener dentalen Gefäße und Nerven, welche die Pulpa versorgen, im Einklang steht.

2. MESSERGEBNISSE FÜR DIE PERIODONTALRAUMWEITE

Die Vermessung der Periodontalraummodelle aller Zahnarten erbrachte, bezogen auf die Ausdehnung des Periodontalraumes in den 3 Ebenen (Alveolarrand, Alveolarmitte und Alveolarspitze), folgendes Ergebnis: (Angaben in mm)

Tabelle 1

<u>H u n d</u> (56 Zähne)	2 Jahre (19 Zähne)	6 Jahre (19 Zähne)	10 Jahre (18 Zähne)	Gesamt- durchschnitt (56 Zähne)	
Alveolarrand	0,386	0,374	0,350	0,370	
Alveolarmitte	0,238	0,239	0,217	0,232	
Alveolarspitze	0,411	0,435	0,428	0,425	
Durchschnitt	0,345	0,349	0,332	0,342	
<u>S c h a f</u> (36 Zähne)	2,5 Jahre (11 Zähne)	4 Jahre (12 Zähne)	7 Jahre (8 Zähne)	10 Jahre (5 Zähne)	Gesamt- durchschnitt (36 Zähne)
Alveolarrand	0,615	0,621	0,578	0,899	0,648
Alveolarmitte	0,377	0,398	0,418	0,420	0,399
Alveolarspitze	0,689	0,648	0,643	0,634	0,657
Durchschnitt	0,560	0,556	0,546	0,651	0,568

Der Mittelwert aller Messungen ist demnach beim H u n d mit 0,342 mm wesentlich niedriger als beim S c h a f mit 0,568 mm. Die "Sanduhrform" des Periodontalraumes wird nicht nur statistisch bestätigt, sondern sie stellt für das untersuchte Material eine Gesetzmäßigkeit dar: Bei 97,83% der Fälle wurden am Alveolarrand und an der Alveolarspitze größere Periodontalraumweiten gemessen als an der Alveolarmitte. Aus den Ergebnissen ist ferner zu entnehmen, daß die Periodontalraumweiten sowohl beim H u n d als auch beim S c h a f im Alter allgemein abnehmen. Der hohe Mittelwert für die Periodontalraumweite bei dem zehnjährigen S c h a f kann hierbei nicht berücksichtigt werden. Er kommt nämlich dadurch zustande, daß sich unter den 5 nach ihrer Periodontalraumweite vermessenen Zähnen 4 Schneidezähne befanden, die sich statistisch stark erhöhend auf das Durchschnittsergebnis auswirkten, weil die Schneidezähne beim S c h a f allgemein wesentlich weitere Periodontalräume besitzen als die Backenzähne, wie aus Tabelle 3

ersichtlich ist. Es kommt hinzu, daß gerade bei diesem S c h a f der bukkale Anteil der Alveolen im Schneidezahnbereich fast völlig abgebaut war, so daß die Zähne fast nur noch mit ihrer lingualen Fläche am Kiefer verankert waren und der Periodontalraum annähernd die Form einer Schale besaß. Unter diesen Umständen kann man ohne weiteres davon ausgehen, daß es zu erheblichen Überbelastungen während des Gebrauchs gekommen sein mußte, so daß sich eine Erklärung dafür findet, warum gerade hier so große Periodontalraumweiten gemessen wurden.

Die Weite des Periodontalraumes in sagittaler und transversaler Richtung ist im Einzelfall starken individuellen Schwankungen unterworfen. Im allgemeinen nehmen die Periodontalraumweiten sowohl beim H u n d als auch beim S c h a f knapp unterhalb des Alveolarrandes schnell wieder ab, bleiben über eine längere Strecke ziemlich konstant und steigen dann im unteren (apikalen) Drittel wieder langsam an. Die schmalste Stelle befindet sich, wie in Übereinstimmung mit fast allen Autoren festgestellt wurde, knapp unterhalb der Mitte der Alveole. Keinesfalls ist beim S c h a f aber eine "Einziehung" in der Mitte der Alveole festzustellen, wie NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953) angegeben haben. Die größten Periodontalraumweiten wurden am Alveolargrund und an den Bifurkationen mehrwurzliger Zähne gemessen, wie die folgende Zusammenstellung zeigt: (Angaben in mm)

Tabelle 2

	<u>H u n d</u>	<u>S c h a f</u>
Alveolargrund	0,721	0,616
Bifurkationsbereich	0,617	0,766

Der Abschluß des Periodontalraumes am Alveolargrund (Fundus der Alveole) weist keine lineare Begrenzung auf, weil die Anzahl und Unregelmäßigkeit der aus dem Alveolarknochen austretenden Knochenkanälchen hier besonders groß ist, so daß ein fließender Übergang zur Spongiosa des Kiefers vorliegt. Die Messungen vom Alveolargrund beziehen sich deswegen nicht auf exakt definierbare räumliche Verhältnisse des Periodontalraumes.

Zur Ermittlung der Unterschiede der Periodontalraumweiten bei den einzelnen Zahnarten wurde aus den Meßergebnissen folgende Tabelle zusammengestellt: (Angaben in mm)

Tabelle 3

<u>H u n d</u>	Oberkiefer	Unterkiefer	Gesamtdurchschnitt
18 Schneidezähne	(9) 0,329	(9) 0,408	(18) 0,369
23 Prämolaren	(12) 0,319	(11) 0,319	(23) 0,319
(11 $P_1 + P_2$)	(6, 0,298)	(5, 0,342)	(11, 0,318)
(12 $P_3 + P_4$)	(6, 0,339)	(6, 0,300)	(12, 0,320)
15 Molaren	(6) 0,349	(9) 0,344	(15) 0,346
Durchschnitt	(27) 0,329	(29) 0,354	(56) 0,342
<u>S c h a f</u>	Oberkiefer	Unterkiefer	Gesamtdurchschnitt
15 Schneidezähne	(entfällt)	(15) 0,638	(15) 0,638
15 Prämolaren	(8) 0,523	(7) 0,478	(15) 0,502
6 Molaren	(3) 0,540	(3) 0,577	(6) 0,559
Durchschnitt	(11) 0,528	(25) 0,586	(36) 0,568

Beim H u n d wurden wegen der ausgeprägten Heterodontie im Prämolarenbereich (der obere P_4 gleicht formal dem unteren M_1) die Prämolaren zusätzlich in zwei Gruppen unterteilt und eingeklammert, weil sie bei der Berechnung des Durchschnittes außer Betracht bleiben.

Aus Tabelle 3 geht hervor, daß bei H u n d und S c h a f die Periodontalräume der Schneidezähne am weitesten sind. Bei den Prämolaren nehmen die Periodontalraumweiten dann ab und im Molarenbereich steigen sie wieder an. Beim H u n d fällt auf, daß im Oberkiefer P_3 und P_4 insgesamt gegenüber P_1 und P_2 deutlich weitere Periodontalräume besitzen, was im Unterkiefer nicht der Fall ist. Dies läßt sich durch die eben angesprochene Ähnlichkeit des oberen P_4 mit dem unteren M_1 erklären. Die aus der analytischen Betrachtung der durchschnittlichen Meßergebnisse erhobenen Aussagen treffen mit hoher Regelmäßigkeit auch auf die Meßergebnisse an den Modellen einzelner Periodontalräume zu. Der Durchschnitt der Periodontalraumweiten im Oberkiefer des H u n d e s ist, wie aus Tabelle 3 ersichtlich, kleiner als im Unterkiefer. Auch beim S c h a f wurde im Oberkiefer die kleinere Durchschnittsweite ermittelt. Diese

Feststellungen aber sind rein statistisch und können keineswegs auf die Einzelmessungen bezogen werden.

Zur Ermittlung der Unterschiede in der Weite des Periodontalraumes nach mesial, distal, bukkal und lingual (resp. palatal) wurden die Meßwerte nach ihrer Zugehörigkeit zu den Schnittebenen geordnet und die Durchschnittswerte ermittelt: (Angaben in mm)

Tabelle 4

<u>H u n d</u>	Unterkiefer	Oberkiefer	Gesamt
mesial	0,352	0,304	0,328
distal	0,348	0,323	0,336
bukkal	0,368	0,341	0,355
lingual	0,362	0,339	0,351
<u>S c h a f</u>	Unterkiefer	Oberkiefer	Gesamt
mesial	0,569	0,583	0,574
distal	0,562	0,523	0,549
bukkal	0,503	0,464	0,489
lingual	0,590	0,546	0,577

Bei der Vermessung der Modelle ergab sich, daß der Periodontalraum nicht gleichmäßig zirkulär um die Wurzeln herum verläuft. Es traten teilweise große Schwankungen in den Weiten auf, die aber so uneinheitlich sind, daß sich aus ihnen keine Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen. Die Durchschnittswerte in Tabelle 4 weisen zwar auf geringe statistische Differenzen hin; diese lassen sich jedoch wiederum nicht auf die Messungen am einzelnen Modell beziehen. Lediglich beim H u n d machte sich generell ein leichtes Überwiegen der bukkalen und lingualen gegenüber den mesialen und distalen Periodontalraumweiten bemerkbar.

3. MESSERGEBNISSE FÜR DAS PERIODONTALRAUMVOLUMEN

Die Volumenbestimmung des Periodontalraumes erfolgte an 57 Modellen vom H u n d und 22 Modellen vom S c h a f. In der folgenden Tabelle 5 wurden die Ergebnisse nach Zahngruppen im Ober- und Unterkiefer geordnet. Gleichzeitig wurde für jede Zahngruppe derjenige Bereich angegeben, in dem sich die Meßergebnisse bewegten. Beim H u n d erfolgte

eine Einteilung der Prämolaren aus den schon vorher erwähnten Gründen in zwei Untergruppen. Es kann davon ausgegangen werden, daß alle Volumenangaben über den Periodontalraum auch für das Volumen des Periodontium gelten, da der Periodontalraum vollständig mit periodontalem Gewebe ausgefüllt ist.

Tabelle 5 (Angaben in cm³)

<u>H u n d</u>	Meßbereich	Durchschnitt
<u>Oberkiefer:</u>		
12 Schneidezähne	0,044 - 0,231	0,112
13 Prämolaren	0,026 - 0,352	0,110
(5 P ₁ + P ₂)	(0,026 - 0,088)	(0,047)
(8 P ₃ + P ₄)	(0,061 - 0,352)	(0,149)
5 Molaren	0,046 - 0,172	0,098
<u>Unterkiefer:</u>		
6 Schneidezähne	0,413	0,069
11 Prämolaren	0,013 - 0,106	0,058
(6 P ₁ + P ₂)	(0,013 - 0,071)	(0,040)
(5 P ₃ + P ₄)	(0,057 - 0,106)	(0,080)
10 Molaren	0,017 - 0,214	0,082
<u>Gesamt:</u>		
18 Schneidezähne		0,098
24 Prämolaren		0,086
(11 P ₁ + P ₂)		(0,043)
(13 P ₃ + P ₄)		(0,123)
15 Molaren		0,087
<u>S c h a f</u>		
<u>Oberkiefer:</u>		
4 Prämolaren	0,061 - 0,373	0,190
4 Molaren	0,321 - 0,822	0,677
<u>Unterkiefer:</u>		
1 Schneidezahn	0,058	0,058
9 Prämolaren	0,053 - 0,266	0,119
4 Molaren	0,148 - 0,517	0,359
<u>Gesamt:</u>		
1 Schneidezahn		0,058
13 Prämolaren		0,141
8 Molaren		0,518

Die Modelle der Schneidezähne im Unterkiefer des H u n d e s konnten nicht einzeln gewogen werden, da sie, wie schon gesagt, miteinander verbunden waren. Immerhin aber war es möglich, durch Auswiegen der Modelle im Ganzen und entsprechende Division durch die Anzahl (6) das durchschnittliche Volumen zu bestimmen.

Bei der Analyse der Ergebnisse fallen zunächst die im Vergleich zu den Periodontalraumweiten riesigen Schwankungen der Meßwerte auf. So entspricht das beim H u n d an einem oberen P_4 bestimmte größte Volumen ($0,352 \text{ cm}^3$) dem 27-fachen des an einem unteren P_1 bestimmten kleinsten Volumen ($0,013 \text{ cm}^3$). Das Ausmaß dieser Schwankungen erklärt sich daraus, daß sich die Größe der Wurzeln, die bei H u n d und S c h a f erheblich variiert, in stärkerem Maße auf das Volumen des Periodontalraumes auswirkt als die Periodontalraumweite. Die Schwankungen treten beim H u n d besonders ausgeprägt auf und sind wiederum im Einklang mit der außerordentlichen Heterodontie des H u n d e g e b i s s e s zu sehen. Im Backenzahnbereich beider untersuchter Tierarten ist das Volumen des Periodontalraumes bei den P_1 sehr klein und steigt bei den nach distal folgenden Prämolaren fast linear an. Beim S c h a f setzt sich dieser Anstieg weiter fort. Beim H u n d steigen die Volumina nur bis zu den P_4 und M_1 an, erreichen dort einen Höhepunkt und fallen bei den M_2 und M_3 wieder ab. Das Periodontalraumvolumen der Schneidezähne vom H u n d ist (besonders im Oberkiefer) relativ groß. Dagegen weist das beim S c h a f gewogene Periodontalraummodell eines einzelnen Schneidezahnes ein sehr kleines Volumen auf, was im Gegensatz zu den beim S c h a f ermittelten großen Weiten des Periodontalraumes im gesamten Schneidezahnbereich steht. Der Durchschnitt aller Volummessungen beträgt beim H u n d $0,090 \text{ cm}^3$ und beim S c h a f $0,274 \text{ cm}^3$.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Weiten- und Volumenmessungen fällt auf, daß trotz einiger Unterschiede doch eine Reihe von Analogien zwischen Periodontalraumweite und Periodontalraumvolumen der einzelnen Zahngruppen bestehen.

C. NEBENBEFUNDE ÜBER DAS AUFTRETEN VON ZEMENTAPPOSITIONEN
BEIM SCHAF

Beim Betrachten der extrahierten S c h a f z ä h n e fiel auf, daß die Wurzeln der älteren Tiere eine gänzlich andere Gestalt besaßen als die Wurzeln der jüngeren Tiere. In Abb.8 wird diese Beobachtung festgehalten.

Der Molar des jüngeren Tieres ist wesentlich länger als der Molar des älteren Tieres. Die Länge seines Wurzelspitzenabschnittes, künftig "Wurzel" genannt, beträgt nur rund $\frac{1}{5}$ der gesamten Zahnlänge. An der Basis der "Wurzeln" macht sich ein deutlicher Knick nach distal bemerkbar. Die Oberflächenbeschaffenheit des ganzen Zahnes ist glatt, und auch die Spitze der "Wurzeln" schließt mit einem glattberandeten Wurzelloch (For. apicis dentis) ab.

Der Molar des älteren Tieres ist insgesamt kürzer. Auch hier ist an der Basis der "Wurzeln" ein Knick nach distal vorhanden. Die Länge der "Wurzeln" beträgt jedoch hier nahezu $\frac{2}{3}$ der gesamten Zahnlänge. Auf der Oberfläche der "Wurzeln" fallen außerdem zapfen- oder säulenartige Gebilde aus gelblicher Hartsubstanz auf, die teilweise zusammenfließen und der Wurzeloberfläche eine geriffelte Beschaffenheit verleihen; zum Teil ragen sie aber auch isoliert aus der Wurzeloberfläche heraus. Besonders im apikalen Bereich ist dies der Fall, so daß der Rand des Wurzelloches wie zerfranst aussieht. Die Bifurkation läßt sich nicht gut erkennen, da sie zum größten Teil mit Hartgewebe ausgefüllt ist. Ähnliche Beobachtungen konnten an allen extrahierten Zähnen der beiden ältesten Tiere gemacht werden. Die Prämolaren wiesen häufig noch kolben- oder kugelförmige Verdickungen an den "Wurzeln" auf, was auch bei den Schneidezähnen der Fall war.

Um zu klären, ob es sich hier um ein echtes Wurzelwachstum handelt, wie es dem Zahn des W i e d e r k ä u e r s für einen längeren Lebenszeitraum zugeschrieben wird (NICKEL et al., 1960), wurde bei solch einem Zahn, der nicht für die Herstellung eines Periodontalraummodelles

Verwendung fand, ein Teil der "Wurzeln" abgetrennt und histologisch untersucht. Die Untersuchung ergab, daß die zapfenartigen Gebilde ausschließlich aus Zellzement bestehen. Mithin können die beim älteren S c h a f auftretenden Veränderungen an den "Wurzeln" als Zementapposition angesprochen werden. Auch die bei der röntgenologischen Untersuchung festgestellten Wurzelverdickungen finden damit eine Erklärung.

Bei den Zähnen des 4-jährigen S c h a f e s konnte man bezüglich der Zementapposition ein Zwischenstadium beobachten. Der abgebildete Molar (Abb.9) gleicht im Ganzen zwar mehr dem des jüngeren Tieres, doch beträgt die Länge seiner "Wurzeln" bereits $\frac{1}{3}$ der Gesamtlänge des Zahnes. Die Spitze der palatinalen "Wurzel" ist kranzförmig mit kleinen Zapfen besetzt, die sich aber noch nicht verdickt und damit insgesamt verdichtet haben.

Bemerkenswert ist, daß bei allen S c h a f e n die Länge der Krone gleich war, so daß derart unterschiedliche Befunde an der klinischen Wurzel nicht vermutet werden konnten.

V. DISKUSSION

Bei kritischer Betrachtung der von den zitierten Autoren angefertigten Arbeiten über die Vermessung des Periodontalraumes auf der Grundlage histologischer Schnitte fällt auf, daß niemals einer der Autoren darauf eingegangen ist, welche Fehler in seiner Methode stecken könnten. Es wurde stets stillschweigend davon ausgegangen, daß die räumlichen Verhältnisse im Schnittpräparat denen in vivo entsprechen. Dabei ist zum Beispiel gut bekannt, daß es schon während der allgemein gebräuchlichen Formalinfixierung zu Schrumpfungen in den Geweben kommt (ROMEIS, 1958). Bei der Entkalkung von Kieforteilen, gleich nach welcher Methode, wird den Präparaten auf jeden Fall Substanz entzogen, was NEMEC (1952) auch richtig angedeutet hat. Selbst wenn die anschließende Neutralisation perfekt durchgeführt wird, kann eine Quellung der Präparate bei der nachfolgenden Wässerung nicht ausgeschlossen werden, da bekannt ist, daß

auch chemisch völlig neutral reagierende Stoffe, wie manche Eiweiße, quellen, wenn sie mit Wasser in Berührung kommen. Die Verarbeitung der Präparate wird nach der Entkalkung ausschließlich an Weichgeweben vorgenommen, die bei der Einbettung und beim Schneiden äußerst leicht mit Formveränderungen reagieren. Bei den eigenen Versuchen, histologische Schnittpräparate vom Periodontalraum des S c h a f e s herzustellen, konnte ich beispielsweise feststellen, daß es aus mir unbekannten Gründen während der Einbettung mit Cito - Celloidin zu Spaltbildungen zwischen Periodontium und Zahn kam. Weiterhin ist es beim Schneiden histologischer Schnitte nicht möglich, die Schnittebene genau festzulegen, da ja die Wurzeln versteckt im Kiefer liegen und aus der Lage der Zahnkrone nicht ohne weiteres auf den Verlauf der Zahnwurzel geschlossen werden kann. Es sei an dieser Stelle nochmals auf die komplizierte topographische Situation im Schneidezahnbereich des Unterkiefers beim H u n d hingewiesen. Auch wenn hier nicht gesagt werden soll, daß die Vermessung des Periodontalraumes nach histologischen Schnittpräparaten völlig verzerrte Ergebnisse liefert, muß doch festgehalten werden, daß die räumlichen Verhältnisse im histologischen Schnittpräparat den Verhältnissen in vivo keinesfalls gleichzusetzen sind.

Die Vorteile der hier entwickelten Methode gegenüber den histologischen Methoden können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

1. Die Periodontalraummodelle gestatten prinzipiell eine Volumenbestimmung.
2. Die Modelle geben eine dreidimensionale Übersicht über die Gestalt des Periodontalraumes.
3. Der Verlauf der Zahnachse ist objektiv bestimmbar, daher können die Vermessungsebenen genau festgelegt werden.
4. Die Verarbeitungszeit des Materials ist sehr kurz; die Herstellung der Modelle dauert nur wenige Tage.
5. Die Verarbeitung erfolgt ausschließlich an Hartgeweben, die gegenüber mechanischen Insulten unempfindlich sind.

Zu den Nachteilen meiner Methode gehört, daß mit dem Verlust eines Teils des Untersuchungsmaterials gerechnet werden muß, da sich nicht alle Zähne reibungslos extrahieren lassen. Es muß auch festgestellt werden, daß bei der Aushärtung der verwendeten Silikon - Abformmasse und des Kunststoffes Schrumpfung erfolgen, die sich auf die Untersuchungsergebnisse niederschlagen. Aus den Untersuchungsergebnissen von ILG (1958, 1960), CHARON (1965) und SCHWINDLING (1974) geht hervor, daß die Schrumpfung der Abformmasse von der Dauer der Lagerung des Abdrucks abhängt und nach mehreren Tagen einen Wert von 0,6% (bezogen auf eine im Abdruck gemessene Strecke) erreicht. Da die Stärke der auf dem Erstabdruck befindlichen Silikon-schicht ungefähr 1 mm beträgt, muß bei einer Schrumpfung von 0,6% mit einer Verminderung der Schicht um 0,006 mm gerechnet werden. Das würde im wesentlichen bedeuten, daß der Zahn beim Wiedereinsetzen in den Kieferteil um 0,006 mm höher aus der Alveole herausragen würde. Die Meßwerte am Fundus der Alveole müßten dann um 0,006 mm zunehmen, während die seitlichen Meßwerte kaum beeinträchtigt werden. Weiter läßt sich folgern, daß das Volumen des Modells um einen im einzelnen nicht ermittelbaren Betrag größer ist als das tatsächliche Volumen des Periodontalraumes. Dieser Betrag kann aber nur sehr geringfügig sein und konnte von mir auch deshalb vernachlässigt werden, weil die Präparate so schnell verarbeitet wurden, daß die zeitabhängige Schrumpfung erst einen Bruchteil ihres an sich minimalen Wertes erreicht haben konnte.

Die Schrumpfung von Methacrylaten während der Polymerisation ist allgemein bekannt (SCHMIDT, 1974; JANKE, 1974; EICHNER, 1974). Wie in Teil II erwähnt, beträgt der Volumenschwund des hier verwendeten Kunststoffes bei der Aushärtung 5%. Für die Volumenbestimmung spielte dies keine Rolle, weil der Schwund wieder hinzugerechnet werden konnte. Die Auswirkungen des Volumenschwunds auf die im Modell vermessenen Strecken sind jedoch komplizierter. Würde man davon ausgehen, daß der Schwund isotrop erfolgt, kämen hier die gleichen physikalischen Gesetze in Anwendung, wie sie für die Veränderung von Strecken innerhalb fester Körper bei Ausdehnung oder Kontraktion unter thermischen Einflüssen bei Isotropie gelten. Nach der von

GERTHSEN (1964) angegebenen Näherung ist dann bei einer Schrumpfung des Volumens um 5% mit einer Verkürzung der Strecke um rund 1,7% zu rechnen. Da aber der Volumenschwund von Methacrylaten bekanntermaßen nicht isotrop erfolgt, müßte erst eine eigenständige, schwierig durchzuführende werkstoffkundliche Untersuchung die in die Messungen eingehenden Fehler im einzelnen klären. Es läßt sich aber soviel aussagen, daß der Mittelwert der durch die Schrumpfung erfolgenden Streckenverkürzung jener Streckenverkürzung entspricht, wie sie unter isotropen Bedingungen gilt. (1,7%). Das aber bedeutet, daß die wesentlichen Aussagen dieser Arbeit unberührt bleiben. Eine grob unisotrope Schrumpfung kann zudem nicht erfolgt sein, da sie bei der Verarbeitung aufgefallen wäre. Für die aus der Literatur zitierten histologischen Arbeiten gilt aber, daß die bei der Verarbeitung entstehenden Formveränderungen nicht einmal annähernd geklärt sind.

Trotz allem stimmen die hier gefundenen Untersuchungsergebnisse beim H u n d mit denen von BITTNER (1951) in den wesentlichen Punkten überein. Der von BITTNER (1951) angegebene etwas höhere Durchschnittswert für die Periodontalraumweite (0,382 mm) kann dadurch zustande kommen, daß BITTNER (1951) im Gegensatz zu mir nur junge Tiere untersucht hat. KLEIN (1928) hat bei seinen Untersuchungen eine Durchschnittsweite von 0,350 mm festgestellt, die dem von mir ermittelten Ergebnis sehr nahe kommt. Auch die Aussagen von BITTNER (1951), daß die durchschnittlichen Periodontalraumweiten im Oberkiefer des H u n d e s größer sind als im Unterkiefer und daß der Periodontalraum eine sanduhrförmige Gestalt besitzt, konnten bestätigt werden.

Hingegen weichen die beim S c h a f gefundenen Ergebnisse deutlich von denen von NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953) ab. Die durchschnittliche Periodontalraumweite des S c h a f e s liegt nach meinen Ergebnissen um mehr als 0,1 mm höher, als NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953) angegeben haben. Da die von den genannten Autoren veröffentlichten Abbildungen ihrer histologischen Schnitte im Vergleich zu denen von BITTNER (1951) ein weniger befriedigendes Ergebnis zeigen,

liegen Anhaltspunkte dafür vor, daß die Differenz auf Unstimmigkeiten in der Methode beruht. Lediglich die Bestätigung der Sanduhrform des Periodontalraumes sowie die Angabe von SOLLGRUBER (1953), daß die Schneidezähne des S c h a f e s weitere Periodontalräume aufweisen als die Backenzähne, stehen in Übereinstimmung mit meinen Ergebnissen.

Da auch ALTZINGER (1950) bei der K a t z e, HASSMANN (1952), GLANER (1952) und ROTHMUND-BURGWALL (1952) beim S c h w e i n, AICHINGER (1953) beim P f e r d, TRAPPEL (1953) beim G o l d h a m s t e r und ARBEITER (1954) bei der Z i e g e einen sanduhrförmigen Periodontalraum festgestellt haben, liegen Hinweise dafür vor, daß die Sanduhrform des Periodontalraumes für die S ä u g e t i e r e allgemein zutrifft.

Die gefundene Uneinheitlichkeit in der Ausdehnung des Periodontalraumes nach mesial, distal, bukkal und lingual steht nur in scheinbarem Widerspruch zu den Ergebnissen von BITTNER (1951), NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953). Wenn zum Beispiel BITTNER (1951) feststellt, daß der distale Abstand zwischen Alveole und Wurzel beim H u n d in 57% der Fälle größer ist als der mesiale, dann lassen sich daraus keineswegs Gesetzmäßigkeiten ableiten, worauf auch KLEIN (1928) an anderer Stelle richtig hingewiesen hat. Bedenklich ist es auch, solch eine statistisch gefundene Differenz in der Ausdehnung des Periodontalraumes mit der Exkursionsmöglichkeit des Zahnes gleichzusetzen, wie es BITTNER (1951) tut. Die Exkursionsmöglichkeit des Zahnes hängt nicht allein von der Weite des Periodontalraumes ab, sondern vor allem von der Insertionsfläche für die Sharpey - Fasern und von der Anzahl und Form der Wurzeln, worauf unter anderen MÜHLEMANN et al. (1975) hingewiesen haben. Seit nach neueren Untersuchungen von BAUMGÄRTEL (1967), HAIM et al. (1968) und STERN (1971) Elastica-anfärbbare Substanzen im Periodontium des M e n s c h e n gefunden wurden, kommt die individuelle Qualität der Fasern als weiterer Faktor noch hinzu. Eine einseitig bevorzugte Bewegungsrichtung des Zahnes wäre zudem biologisch wenig sinnvoll und würde zu partiellen Überbelastungen führen, wie allgemein aus der Parodontologie

bekannt ist und worauf auch meine Befunde an den Schneidezähnen des zehnjährigen S c h a f e s hinweisen. Aus den genannten Gründen kann auf eine ausführliche Diskussion der statistischen Befunde über die Ausdehnung des Periodontalraumes in sagittaler und transversaler Richtung verzichtet werden.

Die gefundenen Unterschiede der durchschnittlichen Periodontalraumweiten bei den einzelnen Zahngruppen stellen jedoch Regelmäßigkeiten dar und verdienen insofern Beachtung. Ihnen stehen in der vorliegenden Literatur keine vergleichbaren Beobachtungen gegenüber, weil BITTNER (1951), NEMEC (1952) und SOLLGRUBER (1953) ihre Meßergebnisse nicht vollständig nach Zahngruppen zusammengestellt haben. Wenn man nun die aus der zahnmedizinischen Literatur allgemein hervorgehende Angabe, daß der Periodontalraum bei erhöhter Belastung an Weite gewinnt, auf die Untersuchungsergebnisse bezieht, ergibt sich, daß bei H u n d und S c h a f der Grad der Belastung an den Schneidezähnen hoch, an den Prämolaren weniger hoch und an den Molaren wieder höher sein muß. Für diese Annahme spricht auch die morphologische Gliederung der Gebisse beider Tierarten. Aus der im Vergleich zum H u n d wesentlich größeren durchschnittlichen Periodontalraumweite beim S c h a f müßte aus denselben Überlegungen der Schluß abgeleitet werden, daß das Gebiß des S c h a f e s allgemein stärker belastet wird als das Gebiß des H u n d e s. In der Tat erstrecken sich die täglichen Kauvorgänge, rein zeitlich gesehen, beim S c h a f auf viele Stunden und beim H u n d nur auf Minuten.

Es ist aber nicht allein die Weite des Periodontalraumes, aus der sich Rückschlüsse auf die Funktion eines Zahnes ziehen lassen. Die Wurzeloberfläche spielt für die Beurteilung der Funktion eines Zahnes ebenfalls eine wesentliche Rolle, wie POINTNER (1951) und BODINGBAUER (1955) bei der Beschreibung der Wurzelseptumleiste beim H u n d zum Ausdruck brachten. Die Größe der Wurzeloberfläche korreliert nämlich mit der Anzahl der inserierenden Sharpey - Fasern. Trotz Anwendung verschiedener Meßmethoden konnte POINTNER

(1951) jedoch nach seinen eigenen Angaben keine absolut sichere Methode für die Bestimmung der Wurzeloberfläche beim Hund finden. Hier gewinnt die Messung des Periodontalraumvolumens einen Aussagewert, weil sie sich zur Wurzeloberfläche direkt proportional verhält. Ebenso direkt proportional verhalten sich die Periodontalraumweiten zur Belastung des Zahnes. Da Wurzeloberfläche und Funktion des Zahnes aber ebenfalls zusammengehören, weil beispielsweise von einem Zahn mit großer Wurzel und damit großem Periodontalraumvolumen normalerweise auch eine hohe Funktion zu erwarten ist, müssen die gefundenen Werte für Weite und Volumen des Periodontalraumes die Proportionalität zwischen Periodontalraumweite und Belastung des Zahnes in bestimmter Weise modifizieren. Das wird bei nachstehendem Beispiel besonders deutlich.

Beim Schaf wurden an den Schneidezähnen große Periodontalraumweiten, aber nur ein kleines Periodontalraumvolumen gemessen; möglicherweise ist dies der Ausdruck einer relativen Überbelastung. Im Einklang hierzu geben NICKEL et al. (1960) an, daß die Schneidezähne der Wiederkäuer in ihrer Alveole nicht sehr fest verankert sind und in höherem Alter zum Teil ausfallen. HATT et al. (1969) bezeichnen beim Schaf sogar den Verlust der Schneidezähne mit 6,5 Jahren als normal.

Für die Deutung der beim Schaf beobachteten Zementappositionen als reparative Neubildungen im Sinne von GOTTLIEB (1923) ergeben sich Anhaltspunkte aus der außerordentlich hohen Abrasionsquote des Gebisses, auf die man schließen kann, wenn man die in Abb.8 gezeigte relative Längenveränderung von Wurzelspitzenabschnitt und übrigen Zahnkörper bedenkt. Gegen ein echtes Wurzelwachstum (NICKEL et al., 1960) beim Schaf während eines längeren Lebenszeitraumes spricht auch die stichprobenartige histologische Untersuchung einer Zahnwurzel beim älteren Tier, bei der kein Dentin gefunden werden konnte. Zur endgültigen Klärung dieser Frage müßte aber eine breiter angelegte Untersuchung durchgeführt werden.

Die gefundenen resorptiven Erscheinungen an den Wurzeln der M_1 beim älteren Schaf zeigen Übereinstimmungen mit den

von HÄUPL (1958) und FRÖHLICH (1958) geschilderten Vorgängen an menschlichen Zähnen bei extrem erhöhter Überbelastung. Zu solchen Überbelastungen kann es auch beim S c h a f kommen, wenn die Abrasion des Zahnes so groß ist, daß die Wurzeln trotz Zementapposition nicht mehr in der Lage sind, den Zahn in der Alveole ausreichend zu verankern. Da die Abrasion bei den M₁ logischerweise größer sein muß als bei den anderen Zähnen, weil sie wegen ihres früheren Durchbruchs länger der Abnutzung unterlagen, kann damit auch für die festgestellten resorptiven Vorgänge eine Erklärung gefunden werden.

Die beobachtete Periodontitis purulenta bei dem zehnjährigen S c h a f ist mit großer Wahrscheinlichkeit mit einer von RABKIN (1946) beschriebenen Kiefererkrankung bei S c h a f e n identisch, RABKIN (1946) stellt bezüglich der Ätiologie weniger entzündliche als vielmehr mechanische Faktoren in den Vordergrund, wie Futtereinkeilung bei vorhandenem Diastema.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer neuen, eigens für diese Arbeit entwickelten Methode wurden bei 106 Zähnen vom H u n d und 72 Zähnen vom S c h a f Kunststoffausgüsse vom Periodontalraum hergestellt, die zur Vermessung der Periodontalraumweite und zur Bestimmung des Periodontalraumvolumens dienten.

Die Untersuchungen konnten allgemein bestätigen, daß der Periodontalraum bei beiden Tierarten im Bereich des Alveolarrandes und der Alveolarspitze deutlich weiter ist als im Bereich der Alveolarmitte. Weiter wurde festgestellt, daß ebenfalls bei beiden Tierarten die Schneidezähne und Molaren größere Periodontalraumweiten aufweisen als die Prämolaren. Die durchschnittliche Periodontalraumweite wurde beim H u n d mit 0,342 mm und beim S c h a f mit 0,568 mm bestimmt. Bei den älteren H u n d e n und S c h a f e n konnte eine durchschnittliche Abnahme der Periodontalraumweite beobachtet werden.

Die Bestimmung des Periodontalraumvolumens ergab für den H u n d ein durchschnittliches Volumen von 0,090 cm³ und für

das S c h a f ein durchschnittliches Volumen von $0,274 \text{ cm}^3$.
Bei den einzelnen Zahngruppen traten große Schwankungen auf,
die besonders beim H u n d stärker ausgeprägt waren.

Als Nebenefunde ergaben sich bei den älteren S c h a f e n
einmal ein regelmäßiges Auftreten von Zementappositionen an
den Wurzeln aller Zähne. Zum anderen traten an den Wurzeln
einiger M_1 außerdem resorptive Vorgänge auf.

VII. ABBILDUNGEN

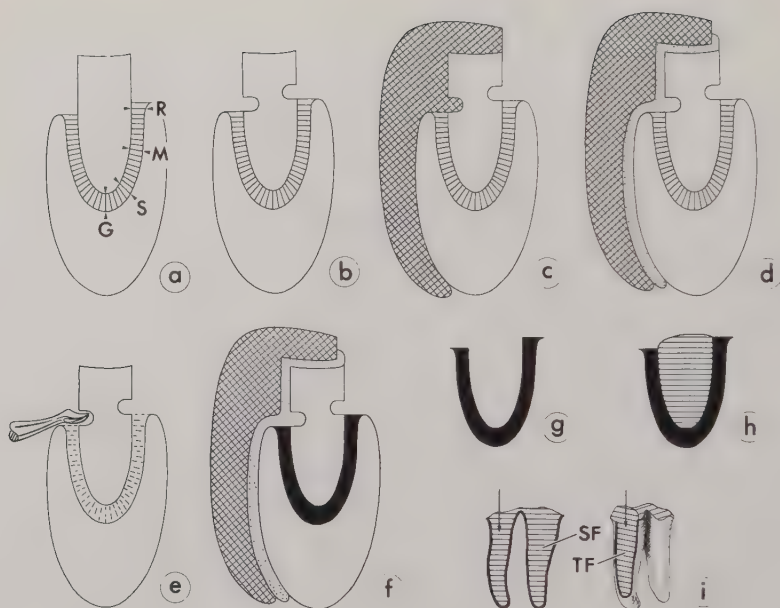


Abb. 1: Schemata zur Veranschaulichung der einzelnen Schritte der Herstellung von Periodontalraummodellen.

- a. Zahn-Knochen-Block, Transversalschnitt durch einen Zahn. Äußere Weichteile entfernt. R Randregion; M Mittenregion; S Spitzenregion; G Grundregion.
- b. Eingefräste Führungsrille.
- c. Erstabformung mit Xantogen.
- d. Zweitabformung mit Lastic 55.
- e. Extraktion des Zahnes mit dem Hebel nach Barry unter Schonung der Innenkortikalis der Alveole.
- f. Einführung der Zahnwurzel in die mit Kunststoff gefüllte Alveole nach Einpassen der Zahnkrone in die Zweitabformung.
- g. Ausgußmodell eines Periodontalraumes.
- h. Andersfarbig gefülltes Ausgußmodell eines Periodontalraumes.
- i. Achsengerecht halbierte Wurzeln des linken unteren (links) und rechten unteren (rechts) P_4 eines Hundes. SF Sagittalfäche; TF Transversalfäche.

Weiteres im Text.

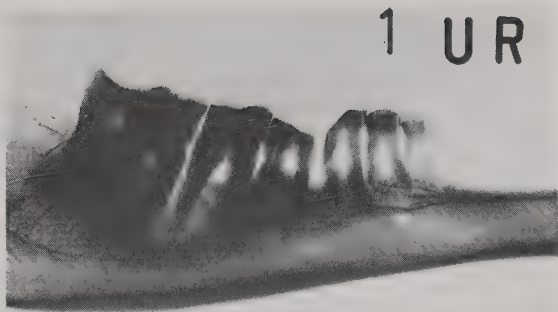


Abb. 2: Röntgenaufnahme vom rechten Unterkiefer eines Schafes (Alter: 10 Jahre).
Erklärung im Text.

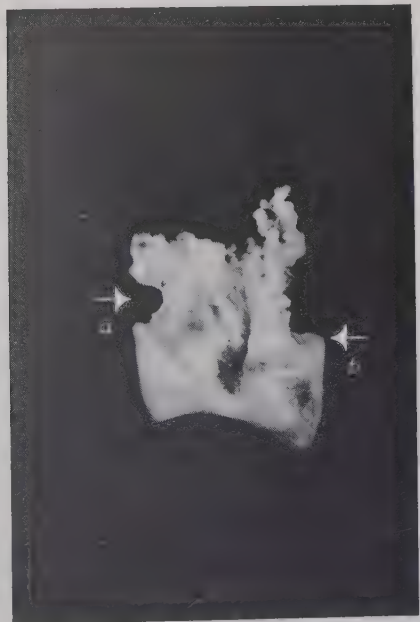


Abb. 3: Oberer linker M₁ eines Schafes (Alter: 7 Jahre), Ansicht von mesial.
Die palatinale Einkerbung (a) sowie der bukkale Absatz (b) oberhalb der Krone sind Artefakte, verursacht durch das Einfräsen der Führungsrille.



Abb. 4: Modell des Periodontal-
raumes vom oberen rechten P_4
eines Hundes (Alter: 6 Jahre).
Ansicht von bukkal.



Abb. 5: Modell des Periodontal-
raumes vom oberen linken I_3
eines Hundes (Alter: 2 Jahre).
Ansicht von links und ventral.

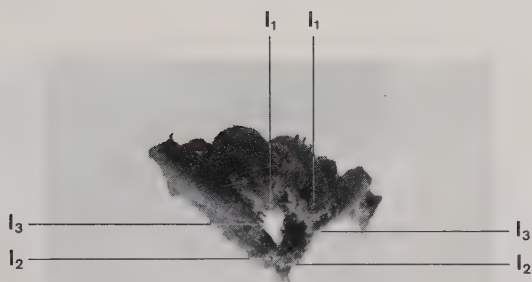


Abb. 6: Periodontalraummodelle unterer Schneidezähne eines Hundes (Alter: 2 Jahre). Ansicht von caudoventral. Erklärung im Text.

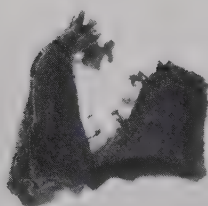


Abb. 7: Modell des Periodontalraumes vom oberen linken M_1 eines Hundes (Alter: 6 Jahre). Ansicht von distal.

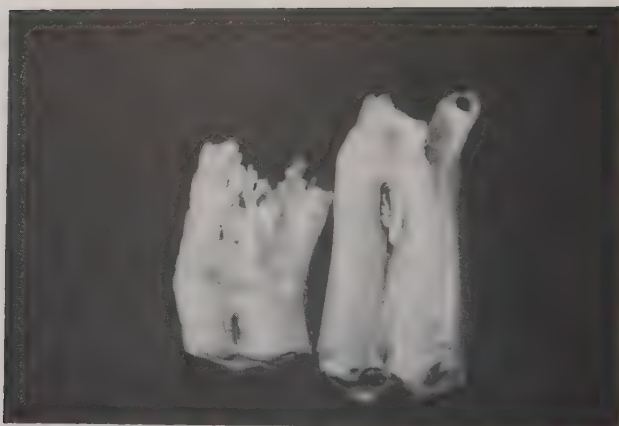


Abb. 8: Links: Oberer rechter M_2 eines sieben-jährigen Schafes. Rechts: Oberer rechter M_2 eines zweieinhalbjährigen Schafes.

Ansicht von palatinal; Erklärung im Text.



Abb. 9: Oberer rechter M_1 eines vierjährigen Schafes.

Ansicht von palatinal;
Erklärung im Text.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. AICHINGER, J.: Untersuchungen über die Größenverhältnisse des Periodontalraumes am Unterkiefer des Pferdes.
Vet. med. Diss. Wien 1953
2. ALTZINGER, K.: Über die Größenverhältnisse des Periodontalraumes der Katze.
Vet. med. Diss. Wien 1950
3. ARBEITER, K.: Über die Größenverhältnisse des Periodontalraumes am Oberkiefer der Ziege.
Vet. med. Diss. Wien 1954
4. BALOGH, K. u. L. MOLNAR: Gerostomatologie.
J.A. Barth, Leipzig 1962
5. BAUMGÄRTEL, R.:
Histologische Untersuchungen über Altersveränderungen am Periodontium.
Med. dent. Diss. Berlin 1967
6. BECKER, E.: Zähne.
in: JOEST, E.: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Bd. V, Teil 1.
Paul Parey, Berlin und Hamburg 3. Aufl. 1970
7. BITTNER, K.: Die Gestalt des Periodontalraumes beim Hund.
Vet. med. Diss. Wien 1951
8. BODINGBAUER, J.: Die Wurzelseptumleiste (Crista septi intraradicularis) und die Wurzelrinnen (Sulci radicales)-eine zusätzliche Anlage des Zahnhalteapparates bei Fleischfressern.
Säugetierkd. Mitt. 3, Wien, 5-10, 1955
9. CHARON, L.F.: Silicone impression materials.
Bull. Group Int. Rech. Sci. Stomatolog. 8, 51-58, 1965
10. COOLIDGE, E.D.: The Thickness of the Human Periodontal Membran.
The Journal of the American Dental Association and the Dental Cosmos 24, 1260-1270, 1937
11. EICHNER, K.: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Dr. Alfred Hüthig, Heidelberg 1974
12. ELBERS, E.: Kann man bei Schafen auf Grund des Gebisses zuverlässige Altersbestimmungen machen und wie verhält es sich bei der einzelnen Schafrasse ?
Diss. Halle 1924
13. ESCHLER, J.: Die geweblichen Veränderungen im Parodontium nach kontinuierlicher Belastung der Zähne, nebst Bemerkungen zur Ursache der Resorption des Knochengewebes.
Z. mikr. anat. Forschg. 58, 100-146, 1952
14. FRÖHLICH, E.: Ein Beitrag zur Morphologie der parodontalen Schwundvorgänge.
Dt. zahnärztl. Zschr. 3, S. 187, 1948

15. FRÖHLICH, E.: Entwicklung und Morphologie der Weichgewebe des Parodontiums.
Dt. zahnärztl. Zschr. 13, 221-240, 1958
16. GERTHSEN, CH.: Physik
Springer, Berlin 1964
17. GLANER, W.: Über die Größenverhältnisse des Periodontalraumes der Prämolaren und Molaren im Oberkiefer beim Schwein.
Vet. med. Diss. Wien 1952
18. GLICKMAN, I.: Clinical periodontology.
Saunders, Philadelphia 1972
19. GÖTZE, W.: Über Altersveränderungen des Parodontiums.
Dt. zahnärztl. Zschr. 20, 465-469, 1965
20. GOTTLIEB, B.: Zur Ätiologie und Therapie der Alveolarpyorrhoe.
Österr. Z. f. Stomatol. 18, 59-70, 1920
21. GOTTLIEB, B.: Die diffuse Atrophie des Alveolarknochens.
Österr. Z. f. Stomatol. 21, 195-262, 1923
22. GOTTLIEB und ORBAN
Zit. n. SCHUMACHER
23. HAIM, G. u. R. BAUMGÄRTEL: Altersveränderungen im Periodont (Desmodont).
Dt. zahnärztl. Zschr. 23, S. 191, 1968
24. HÄUPL, K.: Die Reaktion der paradentalen Gewebe auf gesteigerte und übersteigerte funktionelle Inanspruchnahme.
in: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (HÄUPL, K., W. MEYER u. K. SCHUCHARDT) Bd. IV, Urban und Schwarzenberg, Berlin-München 1958
25. HASSMANN, H.: Über die Größenverhältnisse des Periodontalraumes im Unterkiefer des Schweines.
Vet. med. Diss. Wien 1952
26. HATT, S.D. u. W. LYLE-STEWART: Parodontale Erkrankungen bei Schafen.
Ref. Z. Die Quintessenz 20, S. 127, 1969
27. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silicone-Abdruckmassen, Teil I.
Dt. zahnärztl. Zschr. 13, S. 1377, 1958
28. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silicone-Abdruckmassen, Teil X.
Dt. zahnärztl. Zschr. 15, 1202-1209, 1960
29. JANKE, G.: Kunststoffverarbeitung.
in: EICHNER, K.: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Dr. Alfred Hüthig, Heidelberg 1974
30. JOZAT, R.: Über Veränderungen des Parodontiums durch Entlastung.
Dt. Zahnärztl. Wochschr. 36, 155-157, 1933

31. KELLNER, E.: Histologische Befunde an antagonistischen Zähnen.
Österr. Zschr. f. Stomatol. 26, 271-283, 1928
32. KELLNER, E.: Das Verhältnis der Zement- und Periodontalspaltbreiten zur funktionellen Beanspruchung der Zähne.
Österr. Zschr. f. Stomatol. 29, 44-61, 1931
33. KLEIN, A.: Systematische Untersuchungen über die Periodontalbreite.
Österr. Zschr. f. Stomatol. 26, 417-439, 1928
34. KRONFELD, R.: Die Zementhyperplasien an nichtfunktionierenden Zähnen.
Österr. Zschr. f. Stomatol. 25, 1218-1228, 1927
35. KRONFELD, R.: Einige histologische Befunde an Schafzähnen.
Schweiz. Moschr. Zahnheilk. 37, 392-397, 1927
36. KRONFELD, R.: Histologic Study of the Influence of Function on the Human Periodontal Membrane.
The Journal of the American Dental Association 18, 1242-1271, 1931
37. LENHOSSEK, M.V.: Makroskopische Anatomie des Gebisses.
in: J. SCHEFF'S Hdb. der Zahnheilk., Hölder-Pichler-Tempsky-A.G., Wien-Leipzig 1922
38. LÖNNERBLAD, T.: Vergleichende anatomische Studien über das Kauorgan einiger Säugetiere.
Diss. Stockholm 1955
39. MÜHLEMANN, H.R., K.H. RATEITSCHAK u. H.H. RENGGLI:
Parodontologie.
Georg Thieme, Stuttgart 1975
40. NAVIA, J.M., R.S. HARRIS, A.E. NIZEL u. J.R. MOOR:
Technique for removal of intact teeth from jaws of experimental animals.
Journ. of. Dent.Res. 42, S. 1251, 1963
41. NEMEC, L.: Über die Größenverhältnisse des Periodontalraumes im Oberkiefer des Schafes.
Vet. med. Diss. Wien 1952
42. NICKEL, R., A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. II.
Paul Parey, Berlin-Hamburg 1960
43. ORBAN, B.: Parodontologie.
Verl. Die Quintessenz, Berlin 1965
44. POINTNER, J.: Die Auswirkung der Wurzelseptumleiste und der Wurzelrinnen auf den Zahnhalteapparat.
Diss. Wien 1951
45. PREISSECKER, O.: Anatomisch-histologische Studien an Kiefergelenken von Hunden in normalem und nach gehobenem Biß.
Österr. Zschr. Stomatol. 36, 379-403, 1938

46. RABKIN, S.: Comparative alveolar pathology in sheep and goats.
Journ. of Dent. Res. 25, 513-520, 1946
47. ROMEIS, B.: Mikroskopische Technik.
Leipnitz, München 1958
48. ROTHMUND-BURGWALL, TH.: Die Gestalt des Periodontalraumes der Schneide- und Hakenzähne beim Schwein.
Vet. med. Diss. Wien 1952
49. SCHMIDT, A.: Chemie der Kunststoffe.
in: EICHNER, K.: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Dr. Alfred Hühig, Heidelberg 1974 und persönliche Mitteilung.
50. SCHNEIDER, H.G.: Morphologisch-topographische Studien über die Molarenregion der Albinoratte.
Acta anat. 76, 425-438, 1970
51. SCHNYDER, R.: Über die Anatomie und Physiologie des Parodontiums.
Med. dent. Diss. Düsseldorf 1955
52. SCHWENZER, H.: Histologische Unterschiede am Parodontium des Menschen und des Hundes unter besonderer Berücksichtigung der Funktion des Zahnhalteapparates.
Med. dent. Diss. Leipzig 1935
53. SCHUMACHER, G.H.: Anatomie und Physiologie des Parodontiums.
Z. Dt. Stomatol. 12, 305-330, 1962
54. SCHWINDLING, R.: Abformwerkstoffe.
in: EICHNER, K.: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Dr. Alfred Hühig, Heidelberg 1974
55. SICHER, H.: Die physiologische Beweglichkeit der Zähne.
Österr. Zschr. Stomatol. 26, 397-398, 1928
56. SICHER, H.: Histologie. Die Weichgewebe des Zahnes und seiner Umgebung.
Fortschr. d. Zahnheilk. 4, 155-271, 1928
57. SOLLGRUBER, V.: Über die Größenverhältnisse des Periodontalraumes im Unterkiefer des Schafes.
Vet. med. Diss. Wien 1953
58. STERN, J.A.: Elastica-anfärbbare Substanz im pathologisch veränderten Desmodont.
Med. dent. Diss. Berlin 1971
59. TRAPPEL, K.: Die Gestalt des Periodontalraumes beim Goldhamster.
Vet. med. Diss. Wien 1953
60. TRIEPEL, H.: Die Architekturen der menschlichen Knochen-spongiosa.
J.E. Bergmann, München u. Wiesbaden 1922

61. WANNENMACHER, E.: Parodontologie.
in: HOFER, O., E. REICHENBACH, T.V. KREUDENSTEIN u.
E. WANNENMACHER: Lehrbuch der klinischen Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde. Bd. II.
J.A. Barth, Leipzig 1968
62. WESKI, O.: Die chronischen marginalen Entzündungen des
Alveolarfortsatzes mit besonderer Berücksichtigung der
Alveolarpyorrhoe.
Vschr. f. Zahnheilk. 38, 1-29, 1922

IX. ANHANG: MESSWERTTABELLEN

Zeichenerklärung:

AL : Messung am Alveolarrand
 MI : Messung an der Alveolarmitte
 AP : Messung an der Alveolarspitze
 D : Durchschnitt

G (g), V³(ml), V (ml) : siehe Material und Methodik.

HUND Q 2 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
P ₁	AL	0,670	0,596	0,273	0,496	0,509
	MI	0,199	0,248	0,149	0,223	0,205
	AP	0,298	0,372	0,323	0,298	0,323
	D	0,346				
P ₂	AL	0,385	0,347	0,261	0,224	0,304
	MI	0,199	0,187	0,199	0,174	0,190
	AP	0,360	0,323	0,360	0,447	0,373
	D	0,289				
P ₃	AL	0,261	0,258	0,348	0,261	0,282
	MI	0,174	0,137	0,249	0,236	0,199
	AP	0,298	0,236	0,372	0,509	0,354
	D	0,278				
P ₄	AL	0,389	0,372	0,364	0,298	0,356
	MI	0,149	0,215	0,298	0,240	0,226
	AP	0,331	0,405	0,571	0,559	0,467
	D	0,350				
M ₁	AL	0,323	0,397	0,455	0,529	0,426
	MI	0,273	0,256	0,298	0,372	0,300
	AP	0,339	0,364	0,385	0,620	0,427
	D	0,384				
M ₂	AL	0,306	0,397	0,422	0,347	0,368
	MI	0,207	0,223	0,186	0,286	0,226
	AP	0,248	0,232	0,323	0,397	0,300
	D	0,298				
I ₁	AL	0,248	0,347	0,546	0,397	0,385
	MI	0,223	0,149	0,273	0,298	0,236
	AP	0,347	0,347	0,323	0,546	0,391
	D	0,337				
I ₂	AL	0,298	0,447	0,521	0,298	0,391
	MI	0,223	0,149	0,248	0,273	0,223
	AP	0,323	0,372	0,347	0,447	0,372
	D	0,329				
I ₃	AL	0,372	0,372	0,596	0,149	0,372
	MI	0,273	0,199	0,298	0,347	0,279
	AP	0,447	0,397	0,248	0,596	0,422
	D	0,358				

HUND ♀ 2 Jahre

unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
P ₁	AL	0,248	0,372	0,347	0,273	0,310
	MI	0,223	0,149	0,347	0,273	0,236
	AP	0,472	0,248	0,347	0,323	0,348
	D	0,298				
P ₂	AL	0,211	0,211	0,298	0,323	0,261
	MI	0,199	0,174	0,186	0,199	0,190
	AP	0,372	0,310	0,472	0,347	0,375
	D	0,275				
P ₃	AL	0,348	0,298	0,236	0,236	0,280
	MI	0,211	0,124	0,211	0,161	0,177
	AP	0,348	0,199	0,335	0,559	0,361
	D	0,273				
P ₄	AL	0,323	0,347	0,323	0,261	0,316
	MI	0,249	0,223	0,184	0,211	0,217
	AP	0,372	0,298	0,348	0,521	0,385
	D	0,306				
M ₁	AL	0,372	0,248	0,236	0,323	0,295
	MI	0,211	0,199	0,273	0,310	0,263
	AP	0,397	0,484	0,509	0,559	0,487
	D	0,348				
M ₂	AL	0,744	0,397	0,397	0,397	0,484
	MI	0,298	0,199	0,285	0,236	0,255
	AP	0,496	0,298	0,372	-	0,389
	D	0,376				
M ₃	AL	0,273	0,347	0,323	0,248	0,298
	MI	0,298	0,273	0,199	0,149	0,230
	AP	0,347	0,546	0,546	0,596	0,509
	D	0,346				
I ₁	AL	0,640	0,615	0,541	0,541	0,584
	MI	0,221	0,320	0,295	0,221	0,264
	AP	0,418	0,492	0,763	0,443	0,529
	D	0,459				
I ₂	AL	0,492	0,590	0,590	0,492	0,541
	MI	0,172	0,295	0,394	0,295	0,289
	AP	0,492	0,443	0,689	0,295	0,480
	D	0,437				
I ₃	AL	0,492	0,861	0,664	0,344	0,590
	MI	0,172	0,344	0,395	0,344	0,314
	AP	0,615	0,566	0,295	0,615	0,523
	D	0,476				

HUND ♂ 6 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
P ₁	AL	0,322	0,273	0,273	0,248	0,279
	MI	0,149	0,199	0,199	0,199	0,186
	AP	0,372	0,496	0,347	0,298	0,378
	D	0,281				
P ₂	AL	0,248	0,422	0,397	0,273	0,335
	MI	0,199	0,211	0,223	0,099	0,183
	AP	0,385	0,397	0,347	0,322	0,363
	D	0,294				

HUND ♂ 6 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
P ₃	AL	0,496	0,472	0,397	0,322	0,421
	MI	0,236	0,236	0,298	0,236	0,252
	AP	0,459	0,397	0,397	0,496	0,437
	D	0,370				
P ₄	AL	0,389	0,496	0,364	0,339	0,397
	MI	0,199	0,265	0,190	0,290	0,236
	AP	0,414	0,496	0,372	0,744	0,507
	D	0,380				
M ₁	AL	0,430	0,455	0,364	0,497	0,437
	MI	0,231	0,223	0,174	0,190	0,205
	AP	0,298	0,446	0,488	0,367	0,400
	D	0,347				
M ₂	AL	0,281	0,273	0,455	0,348	0,339
	MI	0,248	0,265	0,273	0,157	0,236
	AP	0,257	0,364	0,447	0,298	0,342
	D	0,306				
I ₁	AL	0,199	0,347	0,496	0,347	0,347
	MI	0,174	0,174	0,223	0,248	0,205
	AP	0,596	0,347	0,298	0,472	0,428
	D	0,327				
I ₂	AL	0,347	0,447	0,521	0,273	0,397
	MI	0,199	0,124	0,248	0,273	0,211
	AP	0,298	0,372	0,347	0,496	0,378
	D	0,328				
I ₃	AL	0,397	0,323	0,099	0,149	0,242
	MI	0,223	0,149	0,298	0,347	0,254
	AP	0,472	0,397	0,472	0,645	0,497
	D	0,331				
unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
P ₁	AL	0,248	0,447	0,248	0,199	0,285
	MI	0,223	0,372	0,199	0,199	0,248
	AP	0,546	0,496	0,521	0,447	0,503
	D	0,345				
P ₂	AL	0,385	0,323	0,446	0,248	0,351
	MI	0,236	0,223	0,248	0,298	0,251
	AP	0,496	0,347	0,422	0,559	0,456
	D	0,353				
P ₃	AL	0,298	0,397	0,360	0,385	0,360
	MI	0,149	0,298	0,187	0,186	0,205
	AP	0,447	0,372	0,360	0,521	0,425
	D	0,330				
P ₄	AL	0,558	0,509	0,298	0,261	0,407
	MI	0,137	0,223	0,162	0,149	0,168
	AP	0,348	0,348	0,372	0,447	0,379
	D	0,318				
M ₁	AL	0,608	0,769	0,422	0,335	0,534
	MI	0,298	0,248	0,187	0,162	0,224
	AP	0,410	0,484	0,410	0,434	0,435
	D	0,398				

HUND ♂ 6 Jahre

unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
M ₂	AL	0,298	0,360	0,298	0,335	0,323
	MI	0,310	0,224	0,162	0,174	0,218
	AP	0,534	0,273	0,360	0,249	0,354
	D	0,298				
M ₃	AL	0,422	0,223	0,347	0,372	0,341
	MI	0,223	0,273	0,174	0,223	0,223
	AP	0,496	0,347	0,372	0,248	0,366
	D	0,310				
I ₁	AL	0,248	0,447	0,199	0,645	0,385
	MI	0,124	0,199	0,223	0,223	0,192
	AP	0,323	0,794	0,546	0,447	0,528
	D	0,368				
I ₂	AL	0,273	0,546	0,695	0,347	0,465
	MI	0,248	0,223	0,496	0,695	0,415
	AP	0,744	0,447	0,546	0,794	0,633
	D	0,504				
I ₃	AL	0,546	0,596	0,546	0,199	0,471
	MI	0,347	0,298	0,347	0,744	0,434
	AP	0,347	0,298	0,546	0,596	0,447
	D	0,451				

HUND ♀ 10 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
P ₁	AL	0,496	0,372	0,298	0,099	0,316
	MI	0,124	0,248	0,174	-	0,182
	AP	0,323	0,347	0,273	0,347	0,430
	D	0,309				
P ₂	AL	0,273	-	0,273	0,335	0,294
	MI	0,199	-	0,149	0,235	0,194
	AP	0,273	0,273	0,360	0,397	0,326
	D	0,271				
P ₃	AL	0,322	0,297	-	-	0,310
	MI	0,161	0,124	-	-	0,143
	AP	0,372	0,471	-	-	0,422
	D	0,292				
P ₄	AL	0,339	0,373	-	-	0,356
	MI	0,256	0,273	-	-	0,265
	AP	0,571	0,356	-	-	0,464
	D	0,362				
M ₁	AL	-	-	0,285	0,447	0,366
	MI	-	-	0,223	0,236	0,230
	AP	-	-	0,529	0,538	0,534
	D	0,377				
M ₂	AL	0,310	0,410	0,472	0,248	0,360
	MI	0,137	0,249	0,422	0,099	0,227
	AP	0,286	0,546	1,042	0,347	0,555
	D	0,381				

HUND Q 10 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
I ₁	AL	0,149	0,248	0,447	0,323	0,292
	MI	0,149	0,124	0,248	0,199	0,180
	AP	0,323	0,447	-	0,347	0,372
	D	0,281				
I ₂	AL	0,397	0,223	0,347	0,347	0,329
	MI	0,119	0,347	0,199	0,124	0,217
	AP	0,447	0,571	-	0,347	0,455
	D	0,334				
I ₃	AL	0,199	0,248	0,323	0,323	0,273
	MI	-	0,248	0,248	0,372	0,289
	AP	0,447	-	0,347	0,571	0,455
	D	0,339				
unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
P ₂	AL	-	-	0,645	0,422	0,534
	MI	-	-	0,199	0,199	0,199
	AP	-	-	0,596	0,571	0,584
	D	0,439				
P ₃	AL	0,298	0,372	-	-	0,335
	MI	0,137	0,149	-	-	0,143
	AP	0,335	0,447	-	-	0,391
	D	0,290				
P ₄	AL	0,273	0,149	0,372	0,472	0,317
	MI	0,149	0,162	0,174	0,298	0,196
	AP	0,261	0,347	-	0,397	0,335
	D	0,283				
M ₁	AL	0,397	0,286	-	-	0,342
	MI	0,224	0,174	-	-	0,199
	AP	0,447	0,397	-	-	0,442
	D	0,321				
M ₂	AL	0,385	0,323	0,360	0,521	0,397
	MI	0,223	0,249	0,223	0,298	0,248
	AP	0,335	0,472	0,397	0,335	0,385
	D	0,343				
M ₃	AL	0,596	0,447	0,472	0,298	0,453
	MI	-	0,248	0,199	0,298	0,248
	AP	-	-	0,397	0,347	0,372
	D	0,358				
I ₁	AL	-	0,249	-	-	0,249
	MI	-	0,199	-	-	0,199
	AP	0,484	0,397	-	-	0,441
	D	0,296				
I ₂	AL	0,298	0,372	-	-	0,335
	MI	0,323	0,224	-	-	0,274
	AP	0,348	0,310	-	-	0,329
	D	0,313				
I ₃	AL	-	-	0,422	0,447	0,435
	MI	-	-	0,348	0,186	0,267
	AP	-	-	0,385	0,422	0,404
	D	0,369				

SCHAF Q 2 1/2 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
P ₂	AL	0,738	0,812	0,541	0,197	0,572
	MI	0,393	0,279	0,271	0,205	0,287
	AP	0,492	0,754	0,590	0,508	0,586
	D	0,482				
P ₃	AL	0,787	0,935	0,311	0,640	0,668
	MI	0,468	0,517	0,336	0,222	0,386
	AP	0,787	0,566	0,427	0,554	0,584
	D	0,546				
M ₁	AL	0,443	0,357	-	-	0,400
	MI	0,328	0,320	-	-	0,324
	AP	0,476	0,664	-	-	0,570
	D	0,431				
M ₂	AL	0,812	0,283	0,541	0,935	0,643
	MI	0,517	0,345	0,344	0,579	0,446
	AP	0,557	0,533	0,607	0,689	0,597
	D	0,562				
unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
P ₂	AL	0,394	0,689	0,283	0,344	0,428
	MI	0,418	0,295	0,246	0,283	0,311
	AP	0,418	0,517	0,258	0,492	0,421
	D	0,387				
P ₃	AL	0,566	0,787	0,467	0,246	0,517
	MI	0,258	0,394	0,258	0,344	0,314
	AP	0,443	0,406	0,295	0,394	0,385
	D	0,405				
M ₁	AL	0,492	0,861	0,295	0,394	0,511
	MI	0,455	0,529	0,394	0,271	0,413
	AP	0,505	1,092	0,492	0,369	0,615
	D	0,513				
M ₂	AL	-	0,812	0,504	0,566	0,627
	MI	0,344	0,566	0,394	0,320	0,406
	AP	1,193	0,861	0,554	0,603	0,803
	D	0,612				
I ₁	AL	0,517	-	-	0,787	0,652
	MI	0,418	-	-	0,344	0,381
	AP	1,205	-	-	1,353	1,279
	D	0,771				
I ₂	AL	-	-	-	1,132	1,132
	MI	-	0,640	-	0,344	0,492
	AP	0,738	0,984	0,984	1,427	1,033
	D	0,886				
I ₃	AL	-	0,664	-	0,566	0,615
	MI	0,295	0,369	-	0,492	0,385
	AP	0,541	0,541	0,246	1,476	0,701
	D	0,567				

SCHAF Q 4 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
P ₁	AL	0,492	0,541	0,480	0,836	0,587
	MI	0,607	0,303	0,270	0,361	0,385
	AP	0,738	0,652	-	0,787	0,726
	D	0,566				
P ₂	AL	0,566	0,554	0,566	0,959	0,661
	MI	0,320	0,328	0,353	0,385	0,347
	AP	0,529	0,369	0,541	0,812	0,563
	D	0,524				
P ₃	AL	0,517	0,873	0,603	0,369	0,591
	MI	0,451	0,344	0,459	0,427	0,420
	AP	0,910	0,640	0,443	0,730	0,681
	D	0,564				
M ₁	AL	0,751	0,652	0,775	0,456	0,659
	MI	0,598	0,410	0,475	0,509	0,498
	AP	0,812	0,689	0,705	0,689	0,724
	D	0,627				
unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
P ₁	AL	0,689	0,418	0,590	0,467	0,541
	MI	0,295	0,369	0,246	0,369	0,320
	AP	0,541	0,787	0,443	0,701	0,618
	D	0,493				
P ₂	AL	0,738	0,542	0,418	0,443	0,535
	MI	0,344	0,369	0,221	0,308	0,311
	AP	0,738	0,542	0,320	0,517	0,529
	D	0,458				
P ₃	AL	0,701	0,418	0,874	0,418	0,603
	MI	0,295	0,357	0,344	0,283	0,320
	AP	0,960	0,566	0,271	0,751	0,637
	D	0,520				
M ₁	AL	1,058	0,861	0,701	0,615	0,809
	MI	0,406	0,517	0,467	0,332	0,431
	AP	0,628	0,677	0,541	0,467	0,578
	D	0,606				
I ₁	AL	0,984	0,467	0,566	0,566	0,646
	MI	0,787	0,443	0,689	0,246	0,541
	AP	0,984	0,566	0,886	0,738	0,794
	D	0,660				
I ₂	AL	0,443	0,664	0,640	0,836	0,646
	MI	0,221	0,369	0,640	0,467	0,424
	AP	-	0,492	0,590	0,590	0,557
	D	0,542				
I ₃	AL	0,541	0,787	0,590	0,566	0,621
	MI	0,369	0,492	0,467	0,295	0,406
	AP	-	0,566	0,517	0,787	0,623
	D	0,550				
E	AL	0,541	0,541	0,541	0,566	0,547
	MI	0,443	0,246	0,418	0,394	0,375
	AP	0,812	0,886	0,689	0,590	0,744
	D	0,555				

SCHAF ♀ 7 Jahre

oben		mesial	distal	bukkal	palatinal	total
P ₁	AL	0,467	0,426	0,369	0,566	0,457
	MI	0,320	0,361	0,221	0,394	0,324
	AP	0,508	0,393	0,418	0,369	0,422
	D	0,401				
P ₂	AL	0,557	0,598	0,320	0,467	0,486
	MI	0,475	0,393	0,246	0,640	0,439
	AP	0,615	0,468	0,566	0,369	0,505
	D	0,477				
P ₃	AL	0,828	0,689	0,812	0,590	0,730
	MI	0,670	0,449	0,320	0,295	0,434
	AP	0,705	0,756	0,566	0,836	0,716
	D	0,627				
unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
P ₂	AL	0,836	0,615	-	-	0,726
	MI	0,517	0,418	-	-	0,468
	AP	0,590	0,787	-	-	0,689
	D	0,628				
I ₁	AL	0,689	0,369	-	0,861	0,640
	MI	0,517	0,517	-	0,541	0,525
	AP	0,517	0,590	0,836	0,763	0,677
	D	0,614				
I ₂	AL	0,590	0,590	-	0,443	0,541
	MI	0,271	0,467	0,394	0,517	0,412
	AP	0,590	0,590	1,033	1,033	0,812
	D	0,588				
I ₃	AL	0,517	-	-	0,541	0,529
	MI	0,418	0,689	0,271	0,295	0,418
	AP	0,492	0,738	0,590	0,541	0,590
	D	0,512				
E	AL	-	0,713	0,344	0,492	0,516
	MI	0,320	0,320	0,295	0,369	0,326
	AP	0,443	0,566	0,935	0,984	0,732
	D	0,525				

SCHAF ♀ 10 Jahre

unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
P ₃	AL	0,517	0,541	0,541	0,443	0,551
	MI	0,197	0,148	0,320	0,394	0,265
	AP	0,517	0,492	0,689	0,640	0,585
	D	0,454				
I ₁	AL	-	-	-	1,181	1,181
	MI	-	0,418	-	0,221	0,320
	AP	0,556	0,556	-	1,033	0,722
	D	0,741				
I ₂	AL	-	-	-	1,082	1,082
	MI	0,689	0,295	-	0,221	0,402
	AP	0,787	0,590	-	0,689	0,689
	D	0,724				

SCHAF ♀ 10 Jahre

unten		mesial	distal	bukkal	lingual	total
I ₃	AL	-	0,541	-	1,082	0,812
	MI	0,787	0,394	-	0,320	0,500
	AP	0,640	0,664	0,640	0,984	0,732
	D	0,681				
E	AL	-	-	-	0,910	0,910
	MI	-	-	-	0,615	0,615
	AP	-	-	0,443	0,443	0,443
	D	0,656				

MESSUNGEN AM ALVEOLARGRUND

HUND ♀ 2 Jahre

unten	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁	0,496	1,840	1,168
P ₂	0,596	0,869	0,733
P ₃	0,438	1,117	0,733
P ₄	0,373	0,943	0,658
M ₁	0,583	0,571	0,577
M ₂	0,447	1,191	0,819
M ₃	0,695	1,439	1,067
I ₃	1,033	0,590	0,812
oben	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁	0,397	0,347	0,372
P ₂	0,323	0,422	0,373
P ₃	0,273	0,769	0,521
P ₄	0,484	1,117	0,801
M ₁	0,397	0,579	0,488
M ₂	0,298	0,521	0,410
I ₁		0,596	0,596
I ₂	0,571		0,571
I ₃		0,546	0,546

DURCHSCHNITT: 0,662

HUND ♂ 6 Jahre

unten	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁		1,540	1,540
P ₂		0,956	0,956
P ₃	0,496	0,919	0,708
P ₄	0,993	0,844	0,919
M ₁	0,397	0,558	0,478
M ₂		0,447	0,447
M ₃	0,596		0,596
I ₁	1,241		1,241
I ₂	1,241		1,241
I ₃	0,099		0,099

MESSUNGEN AM ALVEOLARGRUND

HUND ♂ 6 Jahre

oben	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁	0,769	1,117	0,943
P ₂	0,819	0,869	0,844
P ₃	0,931	1,117	1,024
M ₁	0,769	1,514	1,142
M ₂	0,711	0,745	0,728
I ₂	0,835	0,199	0,517
I ₂	0,596	0,496	0,546
I ₃	0,993	0,744	0,869

DURCHSCHNITT: 0,825

HUND ♀ 10 Jahre

unten	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
M ₁	0,397		0,397
M ₂		0,621	0,621
I ₂	0,422		0,422
I ₂	0,819		0,819

oben	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁		0,447	0,447
P ₃	0,546		0,546
M ₁		0,893	0,893
M ₂	0,571	1,191	0,881
I ₂	0,596	0,496	0,546
I ₃	0,546		0,546

DURCHSCHNITT: 0,612

SCHAF ♀ 2 1/2 Jahre

unten	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₂	0,603	0,332	0,468
P ₃	0,590		0,590
M ₁		0,246	0,246
M ₂		0,443	0,443

oben	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₂	0,640		0,640
P ₃	0,898		0,898
M ₁		0,787	0,787
M ₂	0,590	0,443	0,517

DURCHSCHNITT: 0,574

MESSUNGEN AM ALVEOLARGRUND

SCHAF ♀ 4 Jahre

unten	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁	1,181	0,652	0,917
P ₂		0,467	0,467
P ₃		0,787	0,787
M ₁		0,615	0,615
I ₁		0,443	0,443
I ₂		0,861	0,861
I ₃		0,443	0,443
E ₃			
oben	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₂	0,664	0,910	0,787
P ₃		0,664	0,664

DURCHSCHNITT: 0,665

SCHAF ♀ 7 Jahre

unten	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁	0,689		0,689
I ₁	0,541		0,541
I ₃	0,492		0,492
E ₃		0,812	0,812
oben	sagittale Schnittfläche	transversale Schnittfläche	total
P ₁	0,443	0,566	0,505
P ₂	0,344	0,713	0,529

DURCHSCHNITT: 0,595

MESSUNGEN AM BIFURKATIONSBEREICH

HUND ♀ 10 Jahre

unten
P ₄ 0,248
M ₂ 0,893
D : 0,571

HUND ♂ 6 Jahre

unten	oben
P ₄ 1,240	P ₂ 0,496
	P ₃ 0,521
	P ₄ 0,620
	M ₁ 0,744
	M ₂ 0,695
	M ₁ 1,240
	M ₂ 0,670

D : 0,778

HUND ♀ 2 Jahre

unten	oben
P ₂ 0,744	P ₂ 0,844
P ₃ 0,347	P ₂ 0,248
P ₃ 0,273	P ₄ 0,496
M ₄ 0,174	M ₁ 1,092
M ₁ 0,372	M ₁ 0,397
M ₂ 0,508	M ₂ 0,596

DURCHSCHNITTSWERT GESAMT: 0,619

MESSUNGEN AM BIFURKATIONSBEREICH

SCHAF ♀ 7 Jahre

	oben
P ₃	0,984
M ₂	0,443

D: 0,713

SCHAF ♀ 2 1/2 Jahre

	unten		oben
P ₂	0,541	P ₂	0,541
M ₂	0,418	M ₂	0,418
M ₁	0,787	M ₁	1,132
M ₂	1,156		

D: 0,713

SCHAF ♀ 4 Jahre

	unten		oben
P ₃	1,058	M ₁	1,304
M ₁	0,541	P ₃	0,640

D: 0,887

DURCHSCHNITTSWERT GESAMT: 0,771

VOLUMENMESSUNG

HUND ♀ 2 Jahre

Unten rechts:

	G (g)	V'(ml)	V (ml)
P ₁	0,022	0,019	0,020
P ₁	0,079	0,067	0,071
P ₂	0,089	0,075	0,079
P ₃	0,119	0,101	0,106
P ₃	0,239	0,203	0,214
M ₁	0,058	0,049	0,052
M ₂	0,022	0,019	0,020

Oben rechts:

	G (g)	V'(ml)	V (ml)
P ₁	0,031	0,026	0,027
P ₁	0,058	0,049	0,052
P ₂	0,076	0,064	0,067
P ₃	0,207	0,175	0,184
M ₁	0,192	0,163	0,172
M ₂	0,069	0,058	0,061

Unten links:

	G (g)	V'(ml)	V (ml)
P ₁	0,014	0,012	0,013
P ₁	0,051	0,043	0,045
P ₂	0,064	0,054	0,057
P ₃	0,091	0,077	0,081
P ₃	0,190	0,161	0,169
M ₁	0,051	0,043	0,045
M ₂	0,019	0,016	0,017

Oben links:

	G (g)	V'(ml)	V (ml)
P ₁	0,029	0,025	0,026
P ₁	0,048	0,041	0,043
P ₂	0,068	0,058	0,061
P ₃	0,157	0,133	0,140
M ₁	0,160	0,136	0,143
M ₂	0,052	0,044	0,046

Oben Front links:

	G (g)	V'(ml)	V (ml)
I ₁	0,058	0,049	0,052
I ₂	0,073	0,062	0,065
I ₃	0,118	0,100	0,105

Oben Front rechts:

	G (g)	V'(ml)	V (ml)
I ₁	0,050	0,042	0,044
I ₂	0,073	0,062	0,065
I ₃	0,201	0,170	0,179

Unten Front gesamt:

	G (g)	V'(ml)	V (ml)
	0,462	0,392	0,413

VOLUMENMESSUNG

HUND ♂ 6 Jahre

Unten rechts:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
M ₂	0,076	0,064	0,067
M ₃	0,022	0,019	0,020

Unten links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₁	0,027	0,023	0,024
P ₂	0,074	0,063	0,066
P ₃	0,084	0,071	0,075
M ₁	0,223	0,189	0,199
M ₃	0,020	0,017	0,018

Oben Front links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
I ₁	0,093	0,079	0,083
I ₂	0,130	0,110	0,116
I ₃	0,203	0,172	0,181

Oben rechts:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₃	0,081	0,069	0,073
P ₂	0,262	0,222	0,234
M ₂	0,078	0,066	0,069

Oben links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₂	0,099	0,084	0,088
P ₂	0,089	0,075	0,079
P ₄	0,394	0,334	0,352

Oben Front rechts:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
I ₁	0,107	0,091	0,096
I ₂	0,143	0,121	0,127
I ₃	0,259	0,219	0,231

SCHAF ♀ 2 1/2 Jahre

Unten rechts:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₂	0,059	0,050	0,053
P ₃	0,087	0,074	0,078
M ₁	0,166	0,141	0,148
M ₂	0,579	0,491	0,517

Unten links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₂	0,084	0,071	0,075
P ₃	0,182	0,154	0,162
M ₁	0,328	0,278	0,292

Oben rechts:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
M ₁	0,854	0,724	0,762
M ₂	0,921	0,781	0,822

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
M ₁	0,360	0,305	0,321
M ₂	0,899	0,762	0,802

SCHAF ♀ 4 Jahre

Unten rechts:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₁	0,068	0,058	0,061
P ₃	0,298	0,253	0,266

Unten links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₁	0,069	0,058	0,061
P ₂	0,124	0,105	0,111
P ₃	0,227	0,192	0,202
M ₁	0,536	0,454	0,478

Unten Front links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
C	0,065	0,055	0,058

Oben links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₃	0,418	0,354	0,373

SCHAF ♀ 7 Jahre

Oben links:

	G (g)	V ³ (ml)	V (ml)
P ₁	0,069	0,058	0,061
P ₁	0,114	0,097	0,102
P ₃	0,250	0,212	0,223

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. F. Preuß für die Überlassung des Themas und die mir gewährte Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Zum anderen danke ich dem Institutszeichner, Herrn Fricke, und allen übrigen Mitarbeitern des Instituts für Veterinär-Anatomie, -Histologie und -Embryologie, die mir bei der Durchführung der Untersuchungen behilflich waren.

LEBENS LAUF

Am 11.2.1945 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Josef Göstemeyer und seiner Ehefrau Johanna, geb. Lindenberg, in Rinteln geboren.

Nach meiner Einschulung in die Moltkeschule in Hildesheim wechselte ich im Frühjahr 1955 zum Gymnasium Josephinum in Hildesheim über, wo ich im Februar 1964 die Reifeprüfung ablegte.

Für das Sommersemester 1964 immatrikulierte ich mich an der Freien Universität Berlin. Dort bestand ich am 3. März 1970 die zahnärztliche Prüfung.

In der Folgezeit arbeitete ich bis zum Jahresanfang 1973 als zahnärztlicher Assistent oder Vertreter in freien zahnärztlichen Praxen in Berlin.

Nach meinem Umzug 1973 nach Hildesheim arbeitete ich zunächst als Assistent in der väterlichen Praxis. Seit Januar 1976 bin ich als selbständiger Zahnarzt in Praxisgemeinschaft mit meinem Vater in Hildesheim niedergelassen.

